UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ELIANE MARIA FERRAREZZO

**DESENVOLVIMENTO DE MANDIOCA *CHIPS*, MOLDADA E
FRITA**

Versão corrigida

Pirassununga
2011

ELIANE MARIA FERRAREZZO

Desenvolvimento de mandioca *chips*, moldada e frita

Versão corrigida

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Mariza Pires de Melo

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

Ferrarezzo, Eliane Maria

F374d Desenvolvimento de mandioca *chips*, moldada e frita. /
Eliane Maria Ferrarezzo. — Pirassununga, 2011.
p. 190.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.

Departamento de Ciências Básicas.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Mariza Pires de Melo.

1. Salgadinhos 2. *Snacks* 3. Fritura 4. Raízes
5. Novos produtos. I. Título.

Dedico à (*in memorian*)

Vitor Negrete

Sandra Regina da Silva

Silvia Ap. Ferraresso Augusto

Em ordem de partida: amor da minha vida, minha querida amiga e minha amada prima, que sempre me acompanharam e apoiaram nos bons e maus momentos da minha vida pessoal e acadêmica, mas que partiram para um mundo melhor antes do combinado...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida.

Aos meus pais Décio e Tereza, aos meus irmãos Adriano, Andréia e Marcos pela vida, pelo amor, apoio e paciência, sem os quais não teria chegado ao final deste trabalho.

Aos meus sobrinhos Bruno e Felipe, e ao meu afilhado Vitor, que fazem ser “titia” a melhor coisa do mundo.

À minha querida orientadora profa. Dra. Mariza Pires de Melo, uma pessoa especial, com brilho próprio, por aceitar o desafio de orientar este trabalho, por sua competência, seu apoio e dedicação, respeito e amizade que tornaram este trabalho possível.

A CAPES pela bolsa de estudo que permitiu a minha dedicação exclusiva a este trabalho.

À FAPESB (Fundação de Amparo a Pesquisa da Bahia) pelo apoio financeiro à primeira etapa deste trabalho.

À profa. Dra. Marta Mitsue Kushida pela amizade e apoio incondicionais a minha vida pessoal e acadêmica.

Ao Dr. Ahmed Athia El-Dash (UNICAMP) por sempre me apoiar na minha vida acadêmica.

Ao Dr. Renato Souza Cruz da UEFS - BA, aos docentes, funcionários e amigos da Engenharia de Alimentos da UEFS pelo suporte dado à primeira etapa deste trabalho.

Aos professores da FZEA - USP, Prof. Dr. Ernane José Xavier da Costa, Dr. Marco A. Trindade, Dr. Rodrigo Petrus e Dra. Judite Lapa pela disponibilização de laboratórios e materiais, pelas sugestões e críticas construtivas na elaboração desta tese.

Ao prof. Dr. Paulo J. A. Sobral pelo apoio e auxílio nas questões técnicas e acadêmicas.

À Dra. Aline Garcia pelo apoio nas análises sensoriais realizadas no ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos).

Ao Dr. José de Jesus Zazueta Morales da Universidade Autônoma de Sinaloa do México, pela ajuda em análises de DSC, pela amizade, carinho e apoio.

Ao prof. Dr. Yon Kil Chang e à técnica Alessandra Coelho da UNICAMP que viabilizaram as análises de RVA.

À Silvana M. Piccoli Pugine pelo apoio, suporte, amizade, carinho e paciência sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Química Biológica: Alessandra, Andréia, Luciane, Pâmela, Paulo, Patrícia, Romy, Márcia, Roberta, Roberto e Simone pela amizade, pelo apoio técnico e pela convivência agradável durante a execução este trabalho.

Aos meus queridos amigos da FZEA: Noemi, Graziela, Fernanda, Cristiane, Alessandra Silva, Daniela, Patrícia, Keliane, Débora, Diane, Fernando, Lucas, Antonio, Daniel, Mirian, Ana Paula, Marcinha e Solange de Garcia Nomura. Pessoas maravilhosas, que me ajudaram muito em questões técnicas, acadêmicas e pessoais, e principalmente me fizeram rir, enxugaram as minhas lágrimas e fizeram com que a minha vida ficasse mais bonita e colorida, reafirmando que amigo é o irmão que a gente escolhe e que a amizade sempre vale a pena. Sem eles este trabalho não teria chegado ao seu final.

Ao pessoal técnico da FZEA: Guilherme, Edneli, Marcelo, Graziane, Aldo, Gustavo, Giovana, Márcia, Ana Mônica, Nilson, Roseli e Roice, que sempre foram mais que técnicos, foram amigos solícitos que me ajudaram e apoiaram nas diversas análises necessárias a este trabalho.

Aos meus queridos estagiários Paulo, Martin, Marcus, Natana, Rafael e Natália, pela ajuda em todas as etapas deste trabalho sem os quais este não teria sido realizado.

A todos os professores da FZEA – USP que me ajudaram direta ou indiretamente.

Ao pessoal da secretaria de pós-graduação pelo suporte nos processos acadêmicos.

Ao pessoal das secretarias do ZAB e ZEA, pelo suporte administrativo.

Ao pessoal da biblioteca em especial ao Girlei pela atenção e correção das referências.

A todos que direta e indiretamente participaram deste trabalho.

Aos meus “filhochorros” e amigos peludos, Gretha, Isis e Floquinho, sempre dispostos a dar carinho e alegrar o meu dia nos bons e maus momentos.

A todos que colocaram pedras no meu caminho, pois me tornaram uma pessoa mais forte.

“Aprender é a única de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”.

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

FERRAREZZO, E. M. Desenvolvimento de mandioca *chips*, moldada e frita. 2011. p.190. Tese de Doutorado - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo - Pirassununga/SP.

A mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) é originária do Brasil e é também cultivada em outros países de clima tropical, tendo grande importância como fonte de carboidratos e de subsistência para quase um bilhão de pessoas. As suas raízes são altamente perecíveis, pois após três dias da colheita inicia-se o processo de deterioração fisiológica. Métodos e produtos que possam aumentar a vida de prateleira da mandioca ou a disponibilidade de produtos à base de mandioca são de grande interesse para produtores e industriais. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um novo produto moldado na forma de *chips* e frito, elaborado a partir de mandioca crua e cozida em pó, com uso mínimo de ingredientes, isento de glúten, gordura *trans* e ingredientes de origem animal, numa tentativa de fornecer ao mercado um produto com maior valor agregado e que possa ser produzido por pequenas e micro empresas. O estudo foi conduzido em duas etapas, na primeira obteve-se a mandioca cozida em pó e foram realizados os pré-testes de formulação e processamento dos *chips* e na segunda etapa foi realizado o aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca *chips*. Na primeira etapa a análise sensorial preliminar apontou a aparência gordurosa e a falta de gosto de sal como pontos a serem melhorados na formulação, porém foi possível produzir mandioca *chips* com o uso de mandioca cozida em pó a partir da variedade IAC 576-70 e Manteiga. Na segunda etapa o óleo de soja foi substituído por gordura de palma, o teor de sal foi aumentado e para o aprimoramento da formulação e processo foram testadas as condições de tempo e temperatura de fritura, e a adição de mandioca crua em pó, a partir de um planejamento experimental fatorial completo 2³ com 6 pontos axiais e 3 repetições do ponto central, totalizando 17 ensaios (T1 a T17) com as variáveis independentes: mandioca crua em pó, mandioca cozida em pó e tempo de fritura. As variáveis dependentes foram: absorção de lipídeos; umidade; atividade de água; textura; cor e volume específico. A adição de mandioca crua em pó altera as propriedades reológicas, sensoriais e tecnológicas dos *chips*. Há uma forte correlação negativa entre a porcentagem de lipídeos e de umidade. A textura dos *chips* foi influenciada pelo tempo de fritura e quantidade de mandioca cozida em pó. Três testes foram selecionados para análise sensorial de aceitação sendo escolhido o teste T5, que foi submetido ao estudo de vida de prateleira. Durante este estudo não houve alteração na umidade, atividade de água e textura instrumental da mandioca *chips* indicando que a embalagem utilizada (sacos de PEAD/Al/PPMO) foi eficiente. No estudo de

estabilidade oxidativa durante o armazenamento, em relação ao índice de acidez, este aumentou nos primeiros 29 dias de estocagem e depois se manteve constante. O índice de peróxidos atingiu seus maiores valores após 56 dias de armazenamento diminuindo ao final nos 133 dias de armazenamento. Não houve alteração nos valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), dienos e trienos conjugados durante o estudo de vida de prateleira. A análise sensorial realizada para determinar a vida de prateleira da mandioca *chips* considerando o método de aceitação da Aceitabilidade Mínima Tolerável e o método de comparação das amostras com o padrão (0 dia de armazenamento) apontaram 56 dias como o tempo, a partir do qual, são percebidas as alterações nos atributos avaliados.

Palavras-chave: salgadinhos, *snacks*, fritura, raízes, novos produtos.

ABSTRACT

FERRAREZZO, E. M. Development of cassava chips, molded and fried. 2011. p. 190. Doctoral thesis - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo - Pirassununga/SP.

Cassava (*Manihot sculenta* Crantz) is native to Brazil and is also cultivated in other tropical countries, having great importance as a source of carbohydrates and as a subsistence crop for nearly a billion people. Its roots are highly perishable, since after three days from the harvest it begins the process of physiological deterioration. Methods and products that may increase the shelf life of cassava or the availability of cassava-based products are of great interest to producers and industries. This study aimed to develop a new product in the form of chips molded and fried chips, made from raw and cooked cassava powder, with minimum use of ingredients, free of gluten, Trans fat and animal ingredients in an attempt to provide to the market a product with higher added value and that can be produced by small and micro enterprises. The study was conducted in two steps, in the first one, it was obtained the powder of cooked cassava and a pre-formulation and processing of the chips was carried out and a second step was carried out in order to improve the formulation and study the shelf life of cassava chips. In the first step preliminary sensory analysis pointed the greasy appearance and lack of salty taste as aspects to be improved in further formulation, but it was possible to produce cassava chips with the use of cooked cassava powder from the variety IAC 576-70 and the variety "Butter". In the second stage soybean oil was replaced with palm oil, and the salt content was increased and to improve the formulation and process conditions, frying time and temperature, and the addition of raw cassava powder were tested, from a experimental design 2^3 full factorial with six axial points and three repetitions of the central point, resulting in 17 trials (T1 to T17) with the independent variables: raw cassava powder, cooked cassava powder and frying time. The dependent variables were: absorption of fat, moisture, water activity, texture, color and specific volume. The addition of raw cassava powder changes the rheological, sensory and technological properties of the *chips*. There is a strong negative correlation between the percentage of lipids and moisture. The texture of the chips was influenced by the frying time and the amount of cooked cassava powder. Three tests were selected for sensory analysis of acceptance test, among them T5 was chosen, which was submitted to the shelf life study. During this study there was no change in moisture, water activity and instrumental texture of cassava *chips* indicating that the packaging used (plastic bags, HDPE / Al / MEPP) was efficient. In the study of oxidative stability during storage, compared with the acidity index, this increased in the first 29 days of storage and then remained constant. The peroxide value reached its highest values after 56

days of storage and decreased at the end of 133 days of storage. There was no change in the values of TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), conjugated diene and triene during the shelf life study. The sensory analysis carried out to determine the shelf life of cassava chips considering the method of acceptance of Minimum Tolerable Acceptability and the method of comparing with standard samples (0 day of storage) pointed out 56 days as the time from which changes in its attributes are perceived.

Keywords: salty snacks, snacks, fried food, roots, new products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A planta da mandioca (IAC, 2010)	23
Figura 2 - Fluxograma de produção de polvilho doce. Adaptado de Ciacco e Cruz (1982) ..	27
Figura 3 - Perfil de viscosidade determinado pelo <i>Rapid Visco Analyser</i> de amido de milho. Adaptado de Liu (2005).....	29
Figura 4 - Esquema das alterações nas estruturas do grânulo de amido e da viscosidade em função da temperatura. Adaptado de Bowler, Williams, e Angold (1980)	29
Figura 5 - Representação esquemática da microestruturura e transição de fase do amido durante a gelatinização. Adaptado de Xie, et al. (2009)	30
Figura 6 - Fluxograma de obtenção de farinha de mandioca seca. Adaptado de Silva (1995)	32
Figura 7 - Fluxograma de produção de raspas e farinha panificável de mandioca. Adaptado de Ciacco e Cruz (1982)	33
Figura 8 - Esquema das alterações ocorridas durante o processo de fritura. Adaptado de Warner (2002).....	42
Figura 9 - Intensidade das alterações nos lipídeos em função do tempo de fritura. Adaptado de Mehta e Swinburn (2001)	43
Figura 10 - Esquema da interação amilose-lipídeo. Fonte: Pokorny e Kolakowska, (2003)..	44
Figura 11 - Mecanismo de oxidação lipídica. Adaptado de Ramalho e Jorge (2006).....	45
Figura 12 - Reação do malondialdeído com o ácido tiobarbitúrico. Adaptado de Osawa, Felício e Gonçalves (2005)	50
Figura 13 - Fluxograma de desenvolvimento da primeira e segunda etapa do trabalho	56
Figura 14 - Fluxograma de processamento da mandioca cozida em pó.....	57
Figura 15 - Cocção da mandioca em panela a vapor.	58
Figura 16 - Cortador elétrico com lâminas de inox.	59
Figura 17 - Desidratador com circulação forçada de ar.	59
Figura 18 - Multiprocessador industrial.	60
Figura 19 - Fluxograma da elaboração dos chips.....	63
Figura 20 - Maseira para mistura de ingredientes	63
Figura 21 - Cilindro elétrico com regulação de espessura.....	64
Figura 22 - Moldagem da massa na forma de <i>chips</i>	64
Figura 23 - Fritadeira elétrica	65
Figura 24 - Fluxograma de processamento da mandioca crua em pó	70
Figura 25 - Analisador Rápido de Viscosidade (RVA)	75
Figura 26 - Sistema de quebra e captação do som dos <i>chips</i>	86

Figura 27 - Rendimento do processamento da mandioca cozida em pó	92
Figura 28 - Curva de secagem da mandioca Manteiga cozida e laminada. Resultado expresso como média e desvio padrão de ensaio em triplicata	93
Figura 29 - Defeitos apresentados na mandioca <i>chips</i>	95
Figura 30 - Aparência geral dos <i>chips</i> fritos em diferentes óleos	96
Figura 31 - Frequência de consumo de batata tipo <i>chips</i> (a), frequência de consumo de mandioca frita (b), sabores de batata <i>chips</i> mais consumidos (c), citações das marcas de batatas fritas citadas (d).....	98
Figura 32 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade de modo global.....	101
Figura 33 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade da aparência	102
Figura 34 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade do odor	102
Figura 35 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade do sabor	102
Figura 36 - Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto ao teor de sal	103
Figura 37 - Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à crocância	103
Figura 38 - Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à consistência na boca	103
Figura 39 - Mandioca lavada (A), mandioca descascada (B), mandioca crua laminada (C), mandioca cozida (D), mandioca cozida laminada (E, F).....	108
Figura 40 - Rendimento do processo de produção da mandioca cozida e crua em pó.....	109
Figura 41 - Curvas de secagem da mandioca cozida e crua. *Média e desvio padrão de testes realizados em triplicata	110
Figura 42 - Valores de ISA da mandioca crua e cozida em pó. *Média e desvio padrão de ensaio em triplicata. Letras diferentes entre as linhas indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$	115
Figura 43 - Valores de PI da mandioca crua e cozida em pó. *Média e desvio padrão de ensaio em triplicata. Letras diferentes entre as linhas indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$	115
Figura 44 - Capacidade de ligar iodo (BVI) das amostras de mandioca crua <i>in natura</i> , mandioca crua e cozida em pó. *Média e desvio padrão de análises em triplicata	117
Figura 45 - Grânulos de amido de mandioca com aumento de 400x (A e B). Detalhe da birrefringência.....	119

Figura 46 - Mandioca crua em pó com aumento de 40x (A) e 400x (B). Detalhe da alteração no grânulo de amido	119
Figura 47 - Mandioca cozida em pó com aumento de 100x (A) e 400x (B)	120
Figura 48a - Amido de mandioca visualizado com aumento de 500x.....	121
Figura 48b - Amido de mandioca visualizado com aumento de 2000x.....	121
Figura 49a - Mandioca crua em pó visualizada com aumento de 2000x. Destaque da gelatinização.....	122
Figura 49b - Mandioca crua em pó visualizada com aumento de 1000x	122
Figura 50a - Mandioca cozida em pó visualizada com aumento de 50x.....	123
Figura 50b - Mandioca cozida em pó visualizada com aumento de 1000x. Destaque do grânulo de amido não gelatinizado	123
Figura 51 - Distribuição normal do tamanho das partículas dos grânulos de amido: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas	124
Figura 52 - Distribuição normal do tamanho das partículas da mandioca crua em pó: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas	125
Figura 53 - Distribuição normal do tamanho das partículas da mandioca cozida em pó: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas	125
Figura 54 - Termograma do amido extraído da mandioca <i>in natura</i>	127
Figura 55 - Termograma da amostra de mandioca crua em pó.....	127
Figura 56 - Termograma da amostra de mandioca cozida em pó	128
Figura 57 - Mandioca <i>chips</i> frita em óleo de soja da formulação S1, com detalhe do óleo exudado (A). Mandioca <i>chips</i> frita em gordura de palma (B).....	130
Figura 58 - Efeito da quantidade da mandioca cozida em pó e do tempo de fritura na umidade dos <i>chips</i>	133
Figura 59 - Efeito da quantidade de mandioca crua em pó e do tempo de fritura na umidade dos <i>chips</i>	134
Figura 60 - Efeito da quantidade de mandioca cozida em pó e do tempo de fritura na atividade de água dos <i>chips</i>	136
Figura 61 - Efeito da quantidade de mandioca crua em pó e do tempo de fritura na atividade de água dos <i>chips</i>	136
Figura 62 - Correlação linear entre a porcentagem de lipídeos e de umidade.....	137
Figura 63 - Correlação linear entre a porcentagem de lipídeos e de atividade de água	138
Figura 64 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó na absorção de lipídeos dos <i>chips</i>	139

Figura 65 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca crua em pó na absorção de lipídeos dos chips	139
Figura 66 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade mandioca cozida na textura dos chips. *Níveis do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó	141
Figura 67 - Efeito da quantidade de mandioca cozida e crua em pó sobre a textura dos chips	141
Figura 68 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó sobre o tempo de quebra.....	142
Figura 69 - Efeito do tempo de fritura, da quantidade de mandioca cozida e crua em pó no parâmetro L* da cor	144
Figura 70 - Efeito do tempo de fritura, da quantidade de mandioca cozida e crua em pó no parâmetro b* da cor	144
Figura 71 - Índice de acidez da mandioca chips durante o armazenamento	149
Figura 72 - Índice de Peróxidos da mandioca <i>chips</i> durante o armazenamento.....	150
Figura 73 - Porcentagem de dienos e trienos da mandioca <i>chips</i> durante o armazenamento.....	153
Figura 74 - TBARS da mandioca chips durante o armazenamento.....	154
Figura 75 - Análise do som da quebra da mandioca chips nos diferentes dias de armazenamento.....	155
Figura 76 - Análise do som da quebra da mandioca <i>chips</i> no tempo zero e de diferentes batatas fritas tipo chips	156
Figura 77 - Correlação linear entre a aceitação global da mandioca <i>chips</i> e o tempo de armazenamento.....	160
Figura 78 - Correlação linear entre a aceitação da dureza da mandioca <i>chips</i> e o tempo de armazenamento.....	161
Figura 79 - Aceitação da qualidade global durante a vida de prateleira	162
Figura 80 - Mandioca <i>chips</i> moldada e frita utilizada para o estudo da estrutura	167
Figura 81 - Corte transversal da mandioca <i>chips</i> com aumento de 50x (A). Mesma amostra mas com aumento de 100x (B)	168
Figura 82 - Superfície da mandioca <i>chips</i> com aumento de 100x (A). Mesma amostra com aumento de 500x (B)	169
Figura 83 - Curva de sorção da mandioca <i>chips</i>	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de raízes de mandiocas de diferentes cultivares	24
Tabela 2 - Temperatura de gelatinização e parâmetros reológicos da viscosidade de amidos de diferentes fontes	30
Tabela 3 - Composição de ácidos graxos de óleo de algodão, girassol e palma refinados ..	40
Tabela 4 - Composição do óleo de soja	40
Tabela 5 - Composição da gordura de palma 420 F (Agropalma)	41
Tabela 6 Valores reais dos níveis utilizados no delineamento composto central rotacional	78
Tabela 7 - Delineamento composto central rotacional	79
Tabela 8 - Composição da mandioca Manteiga <i>in natura</i> e cozida em pó	94
Tabela 9 - Absorção de lipídeos e umidade dos <i>chips</i> após a fritura	96
Tabela 10 - Composição da mandioca <i>chips</i> 1	97
Tabela 11 - Aceitabilidade da mandioca <i>chips</i> e batata <i>chips</i>	99
Tabela 12 - Aceitação, indiferença e rejeição quanto à aceitabilidade da mandioca <i>chips</i> e batata <i>chips</i>	100
Tabela 13 - Porcentagens de intenção de compra para as amostras de mandioca e batata <i>chips</i>	104
Tabela 14 - Respostas dos consumidores a três afirmativas quanto a hábitos de consumo da classe de produtos tipo <i>chips</i>	105
Tabela 15 - Frequência com que os “Gostos” foram citados pelos consumidores em relação às amostras de batata e mandioca <i>chips</i>	106
Tabela 16 - “Desgostos” descritos pelos consumidores em relação às amostras	107
Tabela 17 - Granulometria da mandioca cozida e crua em pó	111
Tabela 18 - Composição centesimal das raízes de Mandioca IAC576-70	112
Tabela 19 - Comparação entre a composição da mandioca cozida em pó das variedades Manteiga e IAC576-70	113
Tabela 20 - Valores de açúcares redutores e totais, amido, pH e acidez da mandioca IAC576-70 <i>in natura</i>	114
Tabela 21 - Viscosidade do amido, da mandioca crua e cozida em pó obtidas pelo RVA ..	118
Tabela 22 - Média e desvio padrão dos valores de L*, a* e b* da mandioca crua e cozida em pó	126
Tabela 23 - Temperatura de gelatinização e variação de entalpia (ΔH)	126

Tabela 24 - Absorção de lipídeos e umidade de diferentes formulações da mandioca <i>chips</i> frita em óleo de soja	129
Tabela 25 - Valores médios e desvio padrão das variáveis dependentes: umidade, Aa, absorção de lipídeos, textura e tempo para a quebra dos <i>chips</i>	131
Tabela 26 - Valores médios e desvio padrão das variáveis dependentes: cor (L^* , a^* e b^*) e volume específico	132
Tabela 27 - Coeficientes de correlação linear da quantidade de água necessária para a produção da massa, da quantidade de mandioca crua e cozida em pó	145
Tabela 28 - Aceitabilidade, Intensidade e Intenção de compra dos chips das formulações P5, P8 e P17	146
Tabela 29 - Umidade, Aa e força para a quebra dos chips durante a vida de prateleira	148
Tabela 30 - Densidade espectral do som de quebra dos chips na faixa de 270 a 310 Hz nos durante a estocagem	155
Tabela 31 - Teste de aceitação com escala hedônica quanto à aceitabilidade global do aroma, dureza, crocância na boca, som, sabor e escala de intenção de compra.....	159
Tabela 32 - Coeficiente de correlação linear de aceitabilidade e intenção de compra dos <i>chips</i> durante a vida de prateleira	160
Tabela 33 - Avaliação sensorial da mandioca <i>chips</i> quanto ao produto ser inferior ou superior ao padrão, à presença do sabor de ranço, à crocância e à qualidade global	163
Tabela 34 - Composição da mandioca <i>chips</i>	166

SUMÁRIO

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1 A Mandioca.....	22
2.1.1 Composição da mandioca	23
2.1.2 Perecibilidade da mandioca.....	25
2.2 Produtos a base de mandioca	25
2.2.1 Polvilho doce	26
2.2.1.1 Características do amido.....	27
2.2.1.2 Amido de mandioca.....	31
2.2.2 Farinha de mandioca.....	32
2.2.3 Produtos fermentados	33
2.2.3.1 Polvilho azedo.....	33
2.2.3.2 Puba ou carimã.....	34
2.2.3.3 Fufu, Gari e Lafun	34
2.2.3.4 Tiquira e Cauim.....	35
2.2.4 <i>Chips</i> de mandioca.....	36
2.2.4.1 Mandioca <i>chips</i> frita	36
2.3 Processo de fritura por imersão	38
2.3.1 Meios de Fritura	39
2.4 Alterações durante o processo de fritura	42
2.4.1 Interação lipídeo-amido	43
2.4.2 Oxidação de lipídeos	44
2.4.3 Métodos para a determinação do grau da oxidação lipídica	46
2.4.3.1 Índice de acidez	46
2.4.3.2 Índice de peróxidos	47
2.4.3.3 Dienos e trienos conjugados	49
2.4.3.4 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúico (TBARS)	49
2.4.3.5 Compostos polares	51
2.4.3.6 Análise sensorial.....	52
3. OBJETIVO GERAL	53
3.1 Objetivos específicos.....	53
3.1.1 Primeira etapa: Obtenção da mandioca crua e cozida em pó, pré-testes de formulação e processamento dos <i>chips</i>	53

3.1.2 Segunda etapa: Aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca <i>chips</i>	53
4. MATERIAL E MÉTODOS	54
4.1 Material	54
4.1.1 Matérias-primas	54
4.1.2 Equipamentos	54
4.2 Métodos	56
4.2.1 PRIMEIRA ETAPA - Obtenção da mandioca cozida em pó e pré-testes de formulação e processamento da mandioca <i>chips</i>	56
4.2.1.1 Obtenção da mandioca cozida em pó	57
4.2.1.2 Descrição das etapas de produção da mandioca cozida em pó	57
4.2.1.3 Composição da mandioca <i>in natura</i> e mandioca cozida em pó	60
4.2.1.4 Desenvolvimento da Mandioca <i>chips</i> : Pré-testes de formulação e processo	62
4.2.1.5 Caracterização da mandioca <i>chips</i> 1	65
4.2.2 SEGUNDA ETAPA - Aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca <i>chips</i>	70
4.2.2.1 Produção e caracterização da mandioca crua e cozida em pó a partir da variedade IAC576-70	70
4.2.2.2 Testes de formulação	77
4.2.2.3 Determinação das variáveis dependentes	79
4.2.2.4 Análise sensorial II	80
4.2.3 Estudo da vida de prateleira	82
4.2.3.1 Caracterização da embalagem	82
4.2.3.2 Determinação da umidade	83
4.2.3.3 Determinação da Aa	83
4.2.3.4 Textura	83
4.2.3.5 Estabilidade oxidativa	83
4.2.3.6 Som da quebra dos <i>chips</i> :	86
4.2.3.7 Análises microbiológicas	87
4.2.3.8 Análise sensorial III	88
4.2.3.8.1 Teste de aceitabilidade	88
4.2.3.8.2 Teste de comparação com o padrão	89
4.2.4 Caracterização da mandioca <i>chips</i>	90
4.2.5 Análise estatística	91
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	92

5.1 PRIMEIRA ETAPA: Obtenção da mandioca cozida em pó, pré-testes de formulação e processamento da mandioca <i>chips</i>	92
5.1.1 Obtenção da mandioca cozida em pó	92
5.1.1.1 Composição da mandioca Manteiga <i>in natura</i> e mandioca cozida em pó	94
5.1.2 Pré-testes de formulação e de processamento da mandioca <i>chips</i>	95
5.1.2.1 Fritura em diferentes óleos vegetais	96
5.1.2.2 Caracterização da formulação mandioca <i>chips</i> ¹	97
5.1.3 Análise sensorial I	97
5.1.3.1 Teste de aceitabilidade	99
5.2 SEGUNDA ETAPA - Aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca <i>chips</i>	108
5.2.1 Obtenção da mandioca crua e cozida em pó a partir da mandioca da variedade IAC576-70	108
5.2.1.1 Cozimento da mandioca	109
5.2.1.2 Secagem da mandioca cozida e crua	110
5.2.1.3 Trituração e peneiramento	111
5.2.2 Caracterização da mandioca IAC576-70 crua e cozida em pó	112
5.2.2.1 Composição centesimal da mandioca <i>in natura</i>	112
5.2.2.2 Determinação de pH, acidez, açúcares redutores, açúcares totais e amido da mandioca <i>in natura</i>	113
5.2.2.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Poder de Inchamento (PI) da mandioca crua e cozida em pó	114
5.2.2.4 Capacidade de ligar iodo (BVI)	116
5.2.2.5 Viscosidade de pasta	117
5.2.2.6 Microscopia	118
5.2.2.6.1 Microscopia ótica	118
5.2.2.6.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	120
5.2.2.7 Tamanho e distribuição das partículas	124
5.2.2.8 Determinação da cor	126
5.2.2.9 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)	126
5.2.3 Aprimoramento da formulação	129
5.2.3.1 Resultados do planejamento experimental	130
5.2.3.2 Análise sensorial II	145
5.3 Estudo de vida de prateleira	147
5.3.1 Caracterização da embalagem	147
5.3.2 Resultados da determinação de umidade, Aa e textura	147

5.3.3 Resultado da estabilidade oxidativa	148
5.3.3.1 Determinação do Índice de Acidez	148
5.3.3.2 Determinação do Índice de Peróxido	150
5.3.3.3 Determinação de Dienos e Trienos Conjugados	152
5.3.3.4 Determinação de TBARS	153
5.3.4 Som da crocância	154
5.3.5 Análises microbiológicas	157
5.3.6 Análise sensorial III	157
5.3.6.1 Teste de aceitabilidade	158
5.3.6.2 Avaliação das amostras por comparação com o padrão	162
5.4 Caracterização da mandioca <i>chips</i>	165
5.4.1 Composição	165
5.4.2 Estrutura	167
5.4.3 Curva de sorção	169
CONCLUSÕES	171
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174

1.INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) tem o Brasil como país de origem, sendo encontrada também em países de clima tropical. Esta raiz adapta-se bem aos solos pobres e aos climas de baixa pluviosidade, apresentando resistência a várias ervas daninha e insetos, sendo produzida em mais de 100 países. O seu consumo é feito na sua maioria (60%) na forma de raízes *in natura* como uma fonte de carboidratos barata para alimentação humana e animal. Um dos problemas de comercialização da mandioca é sua alta perecibilidade, em função da sua rápida deterioração fisiológica, que ocorre entre três e cinco dias após a colheita.

No Brasil as regiões Norte e Nordeste são as maiores consumidoras de mandioca e derivados, o seu processamento é feito em casas de farinha de forma rudimentar, como fonte de subsistência das famílias destas localidades. Os produtos obtidos deste processamento são de baixo valor agregado como, por exemplo, o polvilho doce, polvilho azedo, farinhas e raspas.

Estudos que propiciem o desenvolvimento de processos e produtos que possam agregar valor aos produtos a base de mandioca representam uma oportunidade para os produtores de mandioca e derivados. A produção de mandioca *chips* é uma possibilidade de produto que pode ser desenvolvido e atender a esses requisitos.

O relato do uso do termo *chips* de mandioca, na grande maioria das publicações, refere-se à mandioca preparada pelo corte em rodela fina e seca ao sol como a forma mais comum de armazenamento, venda e exportação da mandioca. Estudos com *chips* de mandioca fritos são escassos e relatam à textura dura como um dos atributos de rejeição do produto. Não foi encontrado na literatura estudos sobre a produção de mandioca *chips*, moldada e frita. Assim este trabalho propõe-se a produzir e caracterizar a mandioca cozida e crua em pó, e o desenvolvimento de mandioca *chips*, moldada e frita numa tentativa de fornecer ao mercado um produto de maior valor agregado para os produtos à base de mandioca, oferecendo ao consumidor um produto barato, nutritivo e que possa ser produzidas por pequenas e micro empresas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Mandioca

A mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) é originária do continente Americano, principalmente da região Amazônica, tendo o Brasil como país de origem (VILPOUX, 2008). Na África a mandioca foi introduzida pelos portugueses em 1558 e levada para a Bacia do Congo, onde rapidamente se espalhou pelos territórios vizinhos (FERRÃO, 1982). A palavra mandioca parece derivar da língua dos índios tupis, sendo Mani o nome da filha de um chefe e oca significando casa (AGUIAR, 1982). Utensílios fossilíferos foram descobertos por arqueólogos brasileiros na Amazônia brasileira datando de 7.000 anos, dentre eles o tipiti, um trançado cilíndrico de bambu utilizado pelos índios para a extração do tucupi da mandioca, por prensagem, para transformá-la em farinha (SILVA, 1996).

A mandioca é uma importante fonte de alimento energético para uma faixa de 500 milhões a 1 bilhão de pessoas nos países tropicais. Os principais países produtores, em ordem de produção, são: Nigéria, Brasil, Tailândia, República Democrática do Congo e Indonésia, sendo a Nigéria além de maior produtor, também é o país com maior consumo de mandioca como alimento (ADINDU, 2006).

A Tailândia, a Indonésia e a Índia são detentoras de 74,7% da produção de mandioca e derivados do continente asiático, sendo que a Tailândia possui o maior parque industrial de fécula e de *pellets* (pequenos blocos prensados) de mandioca do planeta. No continente americano o Brasil e o Paraguai respondem por 84,7% da produção. Nestes dois continentes, a cultura da mandioca diferencia-se justamente pelo crescente avanço da industrialização e tecnologia, além das alternativas de mercados (EPAGRI, 2010). Os maiores mercados compradores de mandioca e seus derivados são a China com 74,5%, seguido da República da Coreia com 4,7% e a Espanha, com 4,5% (FAOSTAT, 2009).

Da produção mundial de mandioca, 60% são consumidas na forma de raízes *in natura* como uma fonte barata de carboidratos para alimentação humana e ração animal (COOKE; COCK, 1989). O sistema produtivo da mandioca baseia-se em três tipos básicos: a unidade doméstica, a unidade familiar e a unidade empresarial (SOUZA; FIALHO, 2003).

A produção de mandioca no Brasil para 2011 é estimada em 27,1 milhões de toneladas, uma variação positiva de 9,2% em relação à safra de 2010 (IBGE, 2010). Os estados do Pará, Paraná, São Paulo, Bahia e Mato Grosso do Sul são os maiores produtores de mandioca.

A mandioca tem capacidade de desenvolver-se em solos pouco férteis e em climas com baixo índice de chuvas (SOUZA, 2010), assim esta cultura se adapta bem às regiões

norte e nordeste do Brasil onde 70% dos produtores de mandioca e seus derivados são pequenos produtores, com áreas de cultivo menores que 10 hec. O processamento da mandioca nestas regiões é feito em “casas de farinha” de forma rudimentar, com produção de farinha de mandioca e derivados, variando de 1 a 6 sacos por dia, com rendimento médio de 25%, porém estes produtos possuem baixo valor agregado, sendo poucos os produtos processados a base de mandioca existente no mercado (FUKUDA, 2003).

2.1.1 Composição da mandioca

A planta da mandioca é composta de raízes tuberosas, caules e folhas e é classificada como dicotiledônea, da família das *Euphorbiaceas* e gênero *Manihot*. A raiz da mandioca tem várias denominações de acordo com a região do Brasil, sendo chamada de: mandioca (SP), aipim (BA, SC), macaxeira (PE), tapioca (PE), etc. (EMBRAPA, 2010).

A raiz da mandioca é composta de uma fina camada externa de cor amarronzada, com espessura de poucas células (periderma) correspondendo a 3% da sua massa, seguida da entrecasca (esclerênquima, parênquima cortical e floema), contribuindo com 11 a 20% da sua massa. O cilindro central é denominado parênquima, que é a parte comestível da mandioca correspondendo a aproximadamente 85% da sua massa. As cascas e entrecasca contém a maior parte da proteína, matéria graxa, fibra e minerais (RODRIGUES, 2001). O parênquima consiste de feixes de xilema distribuídos longitudinalmente e de uma matriz de células que contém amido (ALOYS; MING, 2005). A Figura 1 ilustra a planta da mandioca com suas raízes, caule (ou maniva) e folhas.

Figura 1 – A planta da mandioca (IAC, 2010).

Há 2 tipos de mandioca: a mandioca industrial ou brava (ou amarga) e a mandioca de mesa ou mansa (ou doce). As raízes da mandioca de mesa podem ser curtas, grossas, com casca facilmente removível, polpa branca ou amarelada de odor agradável e de cozimento rápido. A mandioca brava contém a substância linamarina (notadamente na casca da raiz e nas folhas) em teor elevado, sendo usada apenas industrialmente. Já a mandioca de mesa contém baixo teor de linamarina podendo ser consumida ao natural (uso culinário). As variedades de mandioca para mesa devem ter baixo teor de ácido cianídrico (HCN) com valores menores ou iguais a 50 mg/kg de polpa fresca de acordo com a legislação brasileira (SEAGRI, 2003).

A degradação da linamarina e loutaustalina, que são glicosídeos cianogênicos, forma o ácido cianídrico (HCN) e acetona pela ação da enzima linamarase. O nível de HCN presente em raízes frescas pode variar de 50 até 400 mg/kg de polpa de mandioca da variedade brava (COOKE; COCK, 1989). Porém, recomenda-se como seguro para o consumo humano teor máximo de HCN de até 10 mg/kg de polpa de mandioca (FAO, 2008). O ácido cianídrico é tóxico para humanos e animais e a sua ingestão, em altos níveis, causa doenças como por exemplo a neuropatia atáxica tropical (TAN), intoxicação aguda e bócio. Estudos mostram que na Nigéria a TAN é uma doença endêmica (ONUEGBU, 2006).

O número elevado de cultivares de mandioca, adaptados às mais diversas regiões, confere ampla variação na composição nutricional e nas características sensoriais desta. As folhas de mandioca apresentam entre 25 e 32% de proteínas em relação ao peso seco (GUERROUÉ, et al 1996) e a composição das raízes variam também de acordo com os diferentes cultivares, sendo os seus principais constituintes o amido e a água, como pode ser observado na Tabela 1 (CENI et al, 2009).

Tabela 1 - Composição de raízes de mandiocas de diferentes cultivares

Composição	BRS Gema de Ovo	BRS Rosada	Casca Roxa	BRS Dourada	Saracura
Umidade (%)	66,0 ^d	64,0 ^c	70,0 ^a	70,0 ^a	68,0 ^d
Sólidos totais (%)	33,0 ^b	36,0 ^a	30,0 ^c	30,0 ^c	32,0 ^b
Cinzas (mg/100g)	968 ^b	919 ^{bc}	764 ^d	1056 ^a	874 ^c
Lipídeos (%)	13,0 ^c	0,33 ^d	0,51 ^d	3,5 ^a	2,4 ^b
Fibra bruta (%)	6,5 ^b	2,2 ^d	9,2 ^a	3,7 ^c	3,5 ^c
Proteína (%)	1,8 ^a	1,8 ^a	1,3 ^b	1,3 ^b	1,2 ^b
Amido (%)	39,0 ^a	24,0 ^c	25,0 ^c	29,0 ^b	39,0 ^a
CNA*	2,0 ^c	2,1 ^b	2,3 ^b	2,7 ^a	1,5 ^c

*Carboidratos não amido. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.
Fonte: Adaptado de Ceni et al (2009).

2.1.2 Perecibilidade da mandioca

Um dos problemas da comercialização da mandioca é a sua deterioração fisiológica, que ocorre rapidamente após a colheita entre três a cinco dias (ALVES; CANSIAN; VALDUGA, 2005). A deterioração da mandioca é caracterizada pela ação de enzimas como as polifenoloxidasas e peroxidases, que atuam sobre substâncias fenólicas causando o aparecimento de estrias azuladas ao longo do parênquima da raiz (MEDEIROS, 2009). Com o rompimento dos tecidos por dano mecânico, a polifenoloxidase acelera o escurecimento e, conseqüentemente a deterioração da mandioca. A peroxidase tem sua ação relacionada às alterações das características sensoriais como cor, sabor e aroma, além de destruir a vitamina C, causar a descoloração de carotenóides e antocianinas, degradar ácidos graxos insaturados gerando compostos voláteis que confere o sabor de ranço a polpa da mandioca. A deterioração da mandioca também ocorre pela ação de micro-organismos como bactérias lácticas e fungos levando aos processos fermentativos (ARAÚJO, 1999).

Grossi et al (2004) estudaram as alterações da mandioca da variedade Saracura, estocada à temperatura ambiente por quatro dias após a colheita. Estes autores observaram a perda da qualidade caracterizada pela perda de umidade, pelo escurecimento devido à ação das enzimas polifenoloxidasas e peroxidases e subsequente deterioração de origem microbiológica do parênquima da mandioca, sendo que as raízes tornaram-se impróprias para consumo em relação à sua aparência após o quarto dia de armazenamento.

Sahoré, Nemlin e Kamenan (2007) estudaram as alterações ocorridas em uma variedade de mandioca amarga durante duas semanas após a colheita. Estes autores observaram que a transpiração e a perda progressiva de umidade foram acompanhadas pela redução de acidez, ocorrendo deterioração enzimática na primeira semana causando escurecimento. Já na segunda semana a transpiração cessou e iniciou-se a fermentação por micro-organismos (bactérias lácticas e fungos) que degradaram o amido e deixaram as raízes mais moles.

2.2 Produtos a base de mandioca

Vários produtos podem ser obtidos a partir da mandioca. Da parte aérea as folhas podem ser usadas tanto para alimentação animal quanto humana e as hastes (ou maniva) para alimentação animal na forma de feno, silagem ou *in natura*. As raízes podem ser usadas para consumo direto na alimentação humana nas formas cozida, frita, *chips*, farinhas, bolos, biscoitos, pães, tortas, sopas, mingaus, beijus, purê, suflês, cremes, pudins, nhoques, etc. Para a alimentação animal as raízes podem ser usadas cruas, cozidas ou desidratadas na forma de farinhas e raspas. Na indústria a raiz da mandioca é utilizada na

produção de féculas (polvilho doce), fécula fermentada (polvilho azedo), farinhas, raspas e álcool (FUKUDA, 2003).

Os primeiros portugueses que chegaram ao Brasil puderam constatar uma gama de produtos derivados da mandioca que o indígena produzia, tais como Mbeu (espécie de bolo de farinha de mandioca cozida, o que hoje se conhece por beiju), Mambeca (ancestral do atual pirão, feita com raspas de mandioca torrada), Poqueca (espécie de bola feita da raspa da mandioca condimentada que é cozida envolta de folha de *Marantaceae*), Curuba (raspa de mandioca, acrescida de castanha-do-pará ou sapucaia e cozida), Cica (mingau condimentado preparado à base de fécula fina), Puba (farinha obtida da raiz macerada e fermentada em água e seca ao sol), Maniçoba (elaborada com o uso de folhas com preparação de vários dias) (CAMARGO, 2003).

Já foram descobertos mais de 300 produtos e subprodutos oriundos da mandioca, que podem agregar valor à cultura (FUKUDA, 2003). Entre os produtos mais consumidos e produzidos estão o polvilho doce ou fécula, a farinha de mandioca, raspas de mandioca, tapioca e polvilho azedo.

2.2.1 Polvilho doce ou amido

De acordo com a resolução RDC N°. 263, de 22/09/2005 (BRASIL, 2010) “os amidos extraídos de tubérculos, raízes e rizomas podem ser designados de fécula”. A antiga legislação CNNPA 12 de 1978 (revogada) classificava os amidos em doce ou azedo de acordo com o teor de acidez. Para que o polvilho seja classificado como doce a sua acidez máxima deve ser de 1,0 mL NaOH 1N/100g e para que o polvilho seja classificado como azedo a sua acidez máxima deve ser 5,0 mL NaOH 1N/100g

Devido à facilidade da extração do amido de mandioca desenvolveram-se indústrias com vários níveis técnicos, desde rústicos com produção manual até modernos totalmente automatizados. Para que se tenha a qualidade adequada do amido é necessário que o processo seja o mais rápido possível, para que a ação das enzimas que iniciam sua atividade na raiz da mandioca não perpetuem até o final do processo (DINIZ, 2006). O fluxograma da produção de polvilho doce pode ser observado na Figura 2.

O amido é um dos biopolímeros mais importante em alimentos (SASAKIA; KOHYAMAA; YASUIB, 2004) e pode ser usado na indústria alimentícia na forma nativa ou modificado para a produção de glicose, maltose, fermentos, géis e dextrinas que são usados em produtos de panificação, confeitaria, cervejarias, indústrias de biscoitos, pães e bolos. O amido também é utilizado por outras indústrias como as de adesivos, têxteis, papel e celulose, explosivos, calçados, tintas, petróleo e para a produção de álcool (EMBRAPA, 2010).

Figura 2 – Fluxograma de produção de polvilho doce. Adaptado de Ciacco e Cruz (1982).

2.2.1.1 Características do amido

O amido é o polissacarídeo de reserva de plantas superiores e ocorre na forma de grânulos insolúveis em água fria, tendo como as suas principais fontes comerciais o milho, a batata, a mandioca e o arroz. Ele é um homopolissacarídeo formado por 1.000 a 1.500 moléculas de D-glicose, organizadas em cadeias lineares, chamadas de amilose, com unidades de glicoses unidas por ligações α (1→4) e por cadeias ramificadas, chamadas de amilopectinas que tem as glicoses unidas por ligações α (1→4) e α (1→6) (PARKER; RING, 2005). As características físicas e químicas do amido dependem de sua fonte, do seu genótipo, do tamanho e forma do grânulo, da distribuição do tamanho dos grânulos, da

quantidade de amilose e de amilopectina, além da presença de minerais (MADSEN; CHRISTENSEN, 1996).

As cadeias lineares e ramificadas formam os grânulos de amido, sendo responsáveis pelas regiões amorfas e cristalinas. Os grânulos apresentam birrefringência, que pode ser observada no grânulo, com o uso um de microscópio ótico equipado com luz polarizada, pela formação da imagem da cruz de malta (FITT; SNYDER, 1994). A birrefringência pode ser estudada, também, através do uso de difração de raio X (ZOBEL, 1988).

Em água fria os grânulos precipitam, porém com o aquecimento ocorre a gelatinização do amido e não é mais observada a birrefringência. Quando uma suspensão de amido é aquecida há aumento na viscosidade desta e quando é resfriada ocorre a sua gelatinização, havendo transição de fase (CHE et al. 2008). No processo de gelatinização durante o aquecimento, em um dado momento, atinge-se uma temperatura crítica, característica para cada fonte de amido, onde as moléculas de água rompem as ligações de hidrogênio e penetram no grânulo, rompendo sua estrutura cristalina e amorfa, assim o grânulo perde a orientação radial e a birrefringência (RAO; TATTIYAKUL, 1999). Os grânulos de amido começam a inchar pois a água fica imobilizada. A gelatinização é um processo irreversível e endotérmico, necessitando de valores de entalpia entre 10 e 20 J/g para ocorrer (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2007).

As propriedades de formação de pasta do amido estão relacionadas com a razão entre a quantidade de amilose e amilopectina e à força iônica (HOOVER, 2001). As propriedades de pasta do amido de milho podem ser observadas no viscoamilograma da Figura 3.

Figura 3 – Perfil de viscosidade determinado pelo *Rapid Visco Analyser* de amido de milho. Adaptado de Liu (2005).

As alterações que ocorrem no grânulo de amido, juntamente com as mudanças de viscosidade podem ser observadas no esquema da Figura 4. Na Figura 5 é possível ver a representação da microestrutura do amido na transição de fase.

Figura 4 – Esquema das alterações nas estruturas do grânulo de amido e da viscosidade em função da temperatura. Adaptado de Bowler, Williams e Angold (1980).

Figura 5 – Representação esquemática da microestruturura e transição de fase do amido durante a gelatinização. Adaptado de Xie et al. (2009).

As dispersões formadas por amido gelatinizado são denominadas de fluídos não Newtonianos e formam soluções viscosas quando aquecidas devido à maior solubilização da amilose conferida pelo aquecimento. A temperatura de gelatinização é específica para cada tipo de amido e refere-se a uma faixa de temperatura que pode ser determinada por meio de um equipamento que mede a calorimetria diferencial de varredura denominado de DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). No termograma obtido pelo DSC a temperatura de gelatinização considerada é a temperatura de fusão (*melting*) T_m . Quanto maior o tamanho da cadeia de amilose maior a entalpia de transição e menor a temperatura de transição vítrea (T_g) (HAYAKAWA, 1997). As temperaturas de gelatinização de amidos de diferentes fontes podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Temperatura de gelatinização e parâmetros reológicos da viscosidade de amidos de diferentes fontes

VISCOSIDADE EM *RVU				
Parâmetros reológicos		Batata	Mandioquinha salsa	Mandioca
Temperatura de gelatinização (°C)	de	66,78	61,65	67,88
Viscosidade	de	469,67	259,21	189,92
Pico				
Viscosidade final a 95°C	a	266,59	17,00	171,75
Quebra		269,63	246,92	189,92
Set back		66,54	4,71	85,71

* RVU – unidades do *Rapid Visco Analyser*. Fonte: Cunha (2009)

Se a suspensão de amido gelatinizada for resfriada há o favorecimento da cristalização, sendo este processo chamado de retrogradação. Nos polímeros lineares de alto peso molecular, como a amilose, as ligações de hidrogênio são responsáveis pela cristalização e pela precipitação da amilose, aumentando a opacidade do gel (MILES et al. 1985). A amilose e porções da amilopectina são responsáveis pela retrogradação, pois o amido gelatinizado não está termodinamicamente em equilíbrio, ocorrendo à perda de água (sinerése), havendo a restauração da cristalinidade e aumentando a dureza do gel com o passar do tempo (COLWELL, 1969). A taxa de retrogradação é máxima entre a temperatura de fusão dos cristais e a temperatura de transição vítrea (FARHAT; BLANSHARD; MITCHELL, 2000).

A retrogradação é um fenômeno complexo que depende de vários fatores como a fonte e concentração do amido, temperatura em que a solução de amido foi exposta, taxa de aquecimento e resfriamento e a presença de solutos (MORRIS, 1990). Como a retrogradação envolve a recristalização, a calorimetria por DSC ou a difração de raio X podem ser usadas para acompanhar este processo (HOLM et al. 1986).

2.2.1.2 Amido de mandioca

As características do amido dependem dos diferentes genótipos, quantidade de amilose e amilopectina, tamanho do grânulo, condições de colheita e do tempo de cultivo. Srirot et al. (1999) avaliaram 5 cultivares de mandioca da Indonésia, relacionando a idade de plantio com características funcionais e tamanhos do grânulo de amido. Os autores não observaram diferença significativa no tamanho da molécula de amilose avaliado em mandiocas colhidas em diferentes idades da planta, entretanto, a maturidade da planta alterou a quantidade deste carboidrato. A temperatura para formação de pasta do amido aumentou em amostras de mandiocas colhidas na estação seca do ano e diminuiu em decorrência do período chuvoso, indicando a interferência das condições climáticas sobre as características do amido de mandioca.

Abera et al. (2003) estudaram a retrogradação do amido na pasta de mandioca estocada sob refrigeração a 4°C e compararam com o amido das raízes frescas, durante o armazenamento de sete dias. Estes autores observaram uma maior entalpia de retrogradação na pasta de mandioca que nas raízes frescas.

Rodríguez-Sandoval et al. (2008) obtiveram uma farinha de mandioca a partir de raízes cozidas e secas, estudaram-nas juntamente com raízes cozidas estocadas a 5°C. As raízes cozidas não apresentaram efeito sobre a retrogradação do amido, porém a farinha apresentou um leve aumento na entalpia de fusão do amido retrogradado.

Anggraini et al. (2009) estudaram as características do amido extraído de 17 diferentes genótipos de mandioca da Indonésia. Estes autores observaram que o conteúdo de amilose variou de 17,1% a 21,3%, que o tamanho das partículas de amido apresentou valores entre 7,7 a 10,8 μm e que a temperatura de gelatinização das soluções de amido apresentou-se entre 63,5°C a 66,17°C. Os perfis de inchamento dos grânulos de amido dos diferentes genótipos de mandioca mostraram-se parecidos e a resistência dos géis não apresentou diferença significativa entre os genótipos estudados.

2.2.2 Farinha de mandioca

A Portaria N.º 54 de 30/08/1995 da Secretaria da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária (BRASIL, 2010), define a farinha de mandioca como 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 podem apresentar no máximo 13% de umidade, 1,5% de resíduo mineral fixo e acidez a 3,0 mL de soluto alcalino normal/100g e no mínimo deverão conter 70% de substância amilácea. O fluxograma de produção da farinha está apresentado na Figura 6 e o fluxograma da obtenção de raspas de mandioca e farinha panificável de mandioca está representado na Figura 7.

Figura 6 - Fluxograma de obtenção de farinha de mandioca seca. Adaptado de Silva (1995).

Figura 7 – Fluxograma de produção de raspas e farinha panificável de mandioca. Adaptado de Ciacco e Cruz (1982).

2.2.3 Produtos fermentados

Vários produtos fermentados podem ser obtidos a partir da mandioca como: polvilho azedo, Carimã, Tiquira, típicos do Brasil e Gari, Fufu, Attieke, Lafun, Baton, Agbelina e outros, típicos de países africanos (VILPOUX, 2008).

2.2.3.1 Polvilho azedo

O polvilho azedo é um produto tipicamente brasileiro sendo que a maior parte da produção é artesanal, sem padrão de qualidade apresentando problemas de higiene em seu processamento (APLEVICZ; DEMIATE, 2007). O polvilho azedo é obtido a partir da fermentação natural do polvilho doce, onde a água adicionada para a decantação é deixada por 12, 20 ou mais dias a temperatura ambiente, quando ocorre a fermentação natural (PARADA et al. 1996). A principal característica do polvilho azedo é a sua capacidade de expansão durante o assamento, produzindo produtos texturizados, sem a necessidade de uso de agentes de crescimento (WESTBY; CEREDA, 1994).

No estudo conduzido por Carvalho et al. (1996) o processamento de polvilho azedo em fecularias do estado de Minas Gerais foi observado. Mais de 400 tipos de micro-organismos foram isolados dentre eles 80,6% eram de bactérias ácido lácticas, na maioria

Lactobacillus sp, cocos homofermentativos e *Leuconostoc sp*. Os autores apontaram que a fermentação inicia no tanque de sedimentação e o pH inicial de 6,97 passa para 3,83 no décimo terceiro dia, não variando significativamente até o vigésimo nono dia de fermentação.

Marcon et al. (2006) isolaram micro-organismos dos gêneros *Sacharomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Lactobacillus*, *Bacillus sp*, *Streptococcus* e *Enterococcus* do processo de fermentação industrial do polvilho azedo em fecularias, observando também a produção de ácido láctico, ácido acético e ácido fólico como principais responsáveis pelo abaixamento do valor de pH do produto.

Ainda não foram totalmente elucidadas as transformações que ocorrem durante a fermentação da fécula de mandioca, porém observam-se uma ligeira degradação nos grânulos de amido com a presença de pequenos canais nos grânulos, característicos de um ataque enzimático (DINIZ, 2006).

2.2.3.2 Puba ou carimã

A puba ou carimã é um produto típico do norte e do nordeste brasileiro, o preparo ocorre de forma artesanal a partir de raízes de mandioca inteiras ou em pedaços, que são colocadas submersas em água por até 6 dias. A fermentação ocorre até que a mandioca amoleça e comecem a soltar a casca. A mandioca fermentada é desintegrada com as mãos, lavada em água e após a retirada do excesso de água a massa, então, é seca ao sol e posteriormente triturada (AGROFLORESTA, 2009). A fermentação predominante na produção da puba é láctica e diversas enzimas participam deste processo natural de pubagem como celulasas, xilanases e poligalacturonases (MENEZES et al.1998).

2.2.3.3 Fufu, Gari e Lafun

O Fufu, o Gari e o Lafun são produtos muito parecidos e são típicos de países africanos. O Fufu é também conhecido como “chikwuangue” ou “chikwange” no Zaire e como “fufu” ou “foo-foo” no sudeste da Nigéria (OKAFOR; IJIOMA; OYOLU, 1984; LONGE, 1990). O Fufu é preparado artesanalmente pela maceração das raízes de mandioca, descascadas, lavadas e cortadas. Elas são mantidas em um pequeno fluxo de água, por 4 a 5 dias para a fermentação e posteriormente a mandioca é desintegrada e peneirada, ficando em repouso por 3 a 4 horas. O sedimento é colocado em sacos e submetido à pressão para eliminar o restante da água (OGUNBANWO; SANNNI; ONILUDE, 2004). Participam da fermentação bactérias lácticas, bolores e leveduras, ocorrendo também à redução de compostos cianogênicos (FAGBEMI; IJAH, 2006).

O Gari é uma massa de mandioca fermentada, gelatinizada e seca. É muito consumida na Nigéria e estima-se que 70% das raízes de mandioca são processadas na forma de Gari neste país (VILPOUX, 2008). Se o tempo de fermentação for de até 24 h o produto leva ao envenenamento por compostos cianogênicos. Em ratos, estes produtos cianogênicos, podem causar degeneração dos hepatócitos, dos rins e neurofagia. A fermentação deve ser de no mínimo 48h para que se atinjam níveis seguros de compostos cianogênicos (IHEDIOHA; CHINEME, 2003). Oguntinyinbo (2007) estudou o processo fermentativo do Gari e isolou e identificou bactérias lácticas da fermentação, tais como *Lactobacillus plantarum*, *L. fermentum* e *Leuconostoc mesenteroides*.

No preparo do Lafun, a raiz da mandioca é descascada, cortada em pedaços (na forma de *chips*) e lavada com água. Ela é macerada, mergulhada em água por 3 a 5 dias, onde ocorre a fermentação e posteriormente é seca ao sol e moída. O Lafun é consumido na forma de farinha dispersa em água e cozido, obtendo uma massa de consistência adesiva ou de goma. Essa goma é consumida na forma de pequenas bolas de Lafun com sopa (ADINDU, 2006). Padonou et al. (2009) encontraram bactérias lácticas e leveduras durante a fermentação do Lafun.

2.2.3.4 Tiquira e Cauim

A Tiquira e o Cauim são bebidas de origem indígena. A palavra Tiquira, na língua Tupi, refere-se à *tykir* que significa cair gota a gota (CASCUDO, 1993). De acordo com a legislação brasileira, a Tiquira é uma bebida com graduação alcoólica de 36 a 54°GL, obtida do destilado alcoólico simples de mandioca ou pela destilação de seu mosto fermentado (BRASIL, 1997). A pigmentação levemente arroxeadada é devida a folhas de tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) que são colocadas junto com o mosto na destilação, é uma bebida típica do estado do Maranhão (SANTOS et al. 2005). O processo é artesanal e ocorre a fermentação natural, com a participação de fungos filamentosos, leveduras e bactérias lácticas, sendo posteriormente destilado (CEREDA, 2005). Podem participar do processo de obtenção da tiquira os bolores autóctones *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* e *Neuróspora sitophila* (MENEZES; SARMENTO DAIUTO, 1998).

O Cauim é uma bebida típica dos índios brasileiros produzida primitivamente pelos índios tupis. A palavra Cauim, do Tupi, significa *Caoy* = vinho qualquer, preparada a partir da mandioca cozida, mascada e fermentada (TERRA BRASILEIRA, 2009; PIB, 2009). A cervejaria Colorado na cidade de Ribeirão Preto (SP) produz uma cerveja pilsen, de cor clara, chamada Cauim feita com mandioca nacional, malte e lúpulo importado (COLORADO, 2009).

2.2.4 *Chips* de mandioca

O relato do uso do termo *chips* de mandioca na grande maioria das referências bibliográficas refere-se à mandioca laminada e seca ao sol ou em secadores com circulação forçada de ar, sendo esta a forma mais comum de armazenamento, venda e exportação de derivados de mandioca (TAIWO, 2006).

Olomo e Ajibola (2003) estudaram *chips* de mandioca e farinha de mandioca, secos ao sol e em secadores, em relação à extração de amido e de suas características reológicas. Estes autores relatam que o rendimento de extração de amido foi maior nos *chips* de mandioca do que em farinhas secas em secadores, porém não houve diferença entre a viscosidade de pasta do amido extraído da farinha e do extraído dos *chips*.

Abera e Rakshit (2004) apontam o uso de *chips* de mandioca na Tailândia como sendo a opção mais viável para a extração do amido ao invés do uso da mandioca fresca, devido à perecibilidade da raiz.

Aryee et al. (2006) avaliaram as características físico-químicas de 33 variedades de mandioca. As raízes sem casca foram cortadas em *chips* de 2 a 3 mm de espessura e estes foram secos e moídos. A quantidade de amido variou de 67,92% a 88,11% entre as variedades, assim como a porcentagem de amilose que variou de 10,9% a 44,3%. A temperatura de gelatinização do amido, obtido das diferentes variedades, encontrada foi entre 66,8 a 70,4°C. Os autores concluíram que as grandes diferenças encontradas são devidas aos diferentes cultivares e que há necessidade de caracterização das raízes antes de seu uso.

2.2.4.1 Mandioca *chips* frita

O termo *chips* é norte americano, referindo-se às fatias finas de batata fritas em óleo ou gordura e sua invenção é atribuída a George Crum em 1853, um chefe de cozinha de Nova York (EUA). Os Estados Unidos representam o país com maior produção e consumo mundial de produtos fritos, sendo a batata frita tipo *chips* o produto mais popular (KAUR; SINGH; EZEKIEL, 2008).

O termo mandioca *chips* é relatado como o produto obtido pelo corte da mandioca na forma de *chips* finos e fritos, porém são raros os estudos encontrados na literatura sobre este produto. O primeiro relato de mandioca *chips* frita em óleo para consumo humano foi realizado por Abraham et al. (1978 apud GRIZOTTO, 2000), que analisou a aceitação sensorial de mandioca *chips* obtidos a partir de diferentes variedades de mandioca da Índia.

Chips de 5 mm de espessura foram pré-cozidos em água (ou vapor) e fritos foram bem aceitos pelos provadores e considerados como crocantes.¹

Grizotto (2000) testou as variedades de mandioca mansa IAC576-07 (polpa amarela) e Mantiqueira (polpa branca) e as variedades amargas IAC13 (amarga) e IAC14 (amarga) para a produção de mandioca *chips*. A variedade IAC14 pelo seu elevado teor de HCN e a variedade IAC13 pelo seu sabor amargo, não foram adequadas à produção dos *chips*. As melhores condições de processo para a variedade Mantiqueira foram o cozimento em água em ebulição por até cinco minutos ou o cozimento por três minutos seguido de secagem em estufa por três horas a 50°C antes da fritura. Para a variedade IAC576-70 as melhores condições de processo foram o cozimento em água em ebulição por cinco minutos ou cozimento em por três minutos em câmara de vapor antes da fritura.

Vitrac et al. (2000) estudou treze variedades de mandioca da Colômbia para produção de mandioca *chips*. A mandioca foi cortada em *chips* de 1,5 mm de espessura e foram testadas as condições de fritura. Os *chips* foram imersos em óleo de palma em temperaturas entre 140°C e 170°C por 70 s a 90 s. Os autores observaram que a quantidade de amido, assim como o teor de amilose, não interfere na qualidade final do produto e que quanto maior a quantidade de açúcares redutores mais escuros ficaram os *chips* de mandioca independente das temperaturas e tempos empregados.

Vitrac et al. (2002) realizaram experimentos de transferência de calor no processamento de mandioca *chips* observando que o processo de fritura ocorre em duas etapas. A primeira etapa é mais rápida, pois envolve a evaporação da água livre, que atravessou os *chips* e na segunda etapa foram necessárias altas temperaturas para retirada a água ligada. Os autores concluíram também que a absorção de óleo pelo produto depende do histórico térmico do processo e da umidade final do produto.

Grizotto e Menezes (2002) estudaram o efeito do pré-tratamento da mandioca *chips* previamente cozidas e secas parcialmente sobre a crocância e aceitação sensorial, encontrando uma correlação positiva entre crocância e aceitação sensorial.

Grizotto e Menezes (2003) também avaliaram a aceitação da mandioca *chips* fermentada, pré-cozida e frita em gordura vegetal. Foram testadas as variedades IAC576-70 e IAC Mantiqueira através de análise sensorial usando escala hedônica de 7 pontos. Os *chips* pré-fermentados de ambas as variedades foram rejeitados. A amostra controle com e sem pré-cozimento receberam a nota “gostei ligeiramente” para a variedade IAC Mantiqueira e “gostei moderadamente” para a variedade IAC576-70. Os principais itens de desagrado apresentados pelos consumidores foram textura dura, falta de gosto de mandioca e gosto de óleo.

¹ ABRAHAM, T. E.; RAJA, K. C. M.; SREEDHARAN, V. P.; SREI-MULA NATHAN, H. some quality aspect of a few varieties of cassava. Journal food Science and Technology, Mysoure. V.6, n.6, p237-239, 1978.

Cereda e Vilpoux (2003) obtiveram mandioca *chips* a partir das etapas de descascamento, sanitização, fatiamento, branqueamento, resfriamento a 50°C, drenagem do excesso de água, fritura em gordura vegetal hidrogenada, drenagem do excesso de gordura, salga e acondicionamento. Comparando os resultados obtidos com e sem branqueamento os autores consideraram que a etapa de branqueamento é importante para a qualidade dos *chips*.

Rogério e Leonel (2004) compararam o efeito da espessura nas características de *chips* de inhame, mandioquinha-salsa, batata doce e taro pré-cozidos e fritos. Foram testadas as espessuras de 1,5 mm e 2 mm e o pré-cozimento por 0, 1 e 2 minutos, seguidos de fritura por 2 minutos em óleo de canola. Os autores concluíram que a espessura das fatias é um fator determinante para a absorção de gordura e aceitação do produto pelos provadores, sendo que a espessura de dois milímetros proporcionou menor absorção de gordura para todas as tuberosas estudadas.

Oliveira et al. (2005) avaliaram sensorialmente a mandioca *chips* produzida com as variedades Brasil (BGM 1660) e Dendê (BGM 1692), elaborada com e sem branqueamento antes da fritura. De acordo com estes autores não houve diferença significativa na aceitação dos produtos preparados com e sem branqueamento e nem entre as variedades, indicando que esta etapa pode ser suprimida do processamento da mandioca *chips*. Os provadores indicaram que os atributos que influenciam na compra dos *chips* são o sabor, a crocância e a cor, porém a nota da impressão global variou entre regular e bom, indicando a necessidade de melhorar a qualidade do produto.

A crocância é um dos atributos mais importantes nos produtos tipo *chips* ao lado de sabor, cor e aroma. A textura da batata *chips* é descrita em termos de dureza e crocância, como pouco ou muito crocante, pouco ou muito duro por provadores em análises sensoriais (SALVADOR et al, 2009). Para o parâmetro de textura o atributo reconhecido como crocância, é um importante fator de qualidade e de aceitação pelo consumidor, sendo dependente da qualidade da matéria-prima e da tecnologia de processamento (KITA; LISIN'SKA; GOŁUBOWSKA, 2007).

Não foram encontrados até o momento na literatura estudos envolvendo a produção de mandioca *chips* moldada e frita, elaboradas com o uso de mandioca crua e cozida em pó.

2.3 Processo de fritura por imersão

A fritura por imersão é um método muito antigo e popular de preparo de alimentos e consiste em mergulhar o alimento em banho de óleo ou gordura quente contido num recipiente. Há dois tipos de fritura por imersão, a contínua e a descontínua. A fritura contínua é normalmente utilizada pelas indústrias de alimentos para fritura de *snacks*

extrusados, massas fritas, pré-fritura e fritura de batatas. A fritura descontínua é utilizada principalmente em ambientes domésticos e pelas redes de *fast-food*, restaurantes e pastelarias (TANAMATI, 2008). A fritura atua diretamente sobre as características sensoriais do alimento tais como o desenvolvimento do aroma característico, da cor (amarela e/ou amarronzada) e de textura crocante do produto frito. No processo de fritura o óleo é introduzido no produto nos espaços deixados pela evaporação da água, atuando como um meio de transferência de calor e, também, como um novo ingrediente do produto frito (CELLA et al. 2002).

A fritura por imersão é um processo de cozimento e secagem onde as transferências de massa e de calor ocorrem simultaneamente. A transferência de calor no óleo ocorre por convecção e no alimento o calor é transferido por condução, causando alterações no óleo e no alimento. A transferência de massa ocorre durante a desidratação do alimento pela evaporação da água, absorção do óleo pelo alimento, pela volatilização de compostos e migração de componentes do alimento para o óleo (BOSKOU, 2003).

O processo de fritura é o ponto chave da produção de batata frita, neste processo a absorção de lipídeos varia de 30% a 40% e a umidade original passa de 80% para 1% a 2% obtendo-se assim a crocância característica (PINEDA et al. 2005).

2.3.1 Meios de Fritura

Vários tipos de meios de fritura, como óleos e gorduras, têm sido utilizados no processamento de alimentos fritos. As características de um bom meio de fritura são: redução do índice de oxidação do meio, composição de ácidos graxos com pequena quantidade de ácidos graxos insaturados e baixa capacidade de formação de espumas (BOSKOU, 2003). Os óleos e gorduras mais utilizados para a fritura de alimentos são: óleo de soja, girassol, palma, algodão e as gorduras de palma, de soja e de algodão (GONÇALVES; CÁCERES, 2005). A composição dos óleos de algodão, girassol e palma refinados pode ser observada na Tabela 3 e a composição do óleo de soja na Tabela 4.

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos de óleo de algodão, girassol e palma refinados

Ácidos Graxos	Óleo de Algodão (%)	Óleo de Girassol (%)	Óleo de Palma (%)
Saturados	28,04	11,03	48,21
Monoinsaturados	16,78	27,23	42,39
Polinsaturados totais	52,80	60,67	8,89
Ômega 3	0,12	0,19	0,22
Trans	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Não Identificado	2,36	1,08	0,55

Fonte: Adaptado de Corsini e Jorge (2006)

Tabela 4 - Composição do óleo de soja

DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	
Ácidos graxos livres (%)	0,06
Índice de Peróxidos (mEq/kg)	0,10
Índice de refração (40°C)	1,467
Compostos polares totais (%)	4,49
Composição de ácidos graxos (%)	
Ácido Palmítico	12,66
Ácido Esteárico	3,96
Ácido Oléico	23,61
Ácido Linoléico	55,26
Ácido Linolênico	4,52

Fonte: Adaptado de Jorge e Lunardi (2005)

O óleo e a gordura de palma são obtidos do dendê, o fruto do dendezeiro (*Elaeis guineensis*) que é uma palmeira de origem africana. O fruto do dendê produz dois tipos de óleo, o óleo de dendê ou de palma (*palm oil*) extraído da parte externa do fruto (mesocarpo) e o óleo de palmiste (*palm kernel oil*) extraído da semente, que é similar ao óleo de coco e de babaçu. O principal uso do dendê é na fritura e produção de margarinas, de gorduras sólidas, de óleo de cozinha e de maionese, sendo empregado, também, porém em menor

frequência em panificação e em chocolate artificiais e tantos outros produtos da indústria alimentícia (EMBRAPA, 2003). O óleo de dendê pode ser obtido por extração do óleo bruto através de prensagem (sem a utilização de solventes químicos), de refino físico por destilação, sem, entretanto, usar soda cáustica para neutralização da acidez. O óleo de palma é usado na fabricação de gorduras e margarinas por fracionamento seco e misturas, sem hidrogenação e livre de ácidos graxos trans. A composição da gordura de palma 420 F de ponto de fusão 42°C da Agropalma está apresentada na Tabela 5 (AGROPALMA, 2010).

Tabela 5 – Composição da gordura de palma 420 F (Agropalma)

Atributos	Limites
Acidez (% Palmítico)	menor igual 0,05
Índice de Peróxidos (mEq/kg)	menor igual 1,0
Ponto de Fusão (°C)	43 ± 1
Composição de Ácidos Graxos	(%)
Ácido Láurico (C 12:0)	0,3 ± 0,1
Ácido Mirístico (C 14:0)	1 ± 0,7
Ácido Palmítico (C 16:0)	50 ± 5
Ácido Palmitoleico (C 16:1)	0,3 ± 0,3
Ácido Esteárico (C 18:0)	5,3 ± 2
Ácido Oléico (C 18:1)	34 ± 3
Ácido Linoleico (C 18:2)	7,5 ± 2
Ácido Linolenico (C 18:3)	0,4 ± 0,2
Ácido Araquídico (C 20:0)	0,2 ± 0,2

A gordura de palma apresenta uma maior quantidade de ácidos graxos saturados, como ácido palmítico, que os óleos de soja, girassol, algodão, sendo assim a gordura de palma é mais indicada para fritura por ser menos susceptível a oxidação (GONÇALVES; CÁCERES, 2005).

2.4 Alterações durante o processo de fritura

As principais vantagens do processo de fritura são as alterações na consistência, o cozimento rápido, a melhoria no aroma e na cor, proporcionar textura crocante e a manutenção dos micro nutrientes. Como desvantagens do processo de fritura têm-se o alto conteúdo de gordura retida no alimento e a oxidação do óleo ou gordura mediante ao prolongado tempo de aquecimento requerido pelo processo, resultando em perdas nas qualidades organolépticas do lipídeo e consequentemente no alimento. Frituras que ocorrem a temperaturas acima de 190°C propiciam a decomposição térmica e oxidativa do meio de fritura, causando o escurecimento, diminuição do ponto de fumaça, formação de espumas e aumento da viscosidade do meio de fritura. Além disso o alimento também sofrerá as alterações de cor, textura, viscoelasticidade e de suas características sensoriais (MEHTA; SWINBURN, 2001; HINDRA; BAIK, 2006; WARNER, 2002).

Dentre as transformações ocorridas durante a fritura de alimentos encontram-se a desidratação do produto, a absorção dos lipídeos pelo alimento, com o aumento da viscosidade e da cor do lipídeo, diminuição de ácidos graxos insaturados, aumento de ácidos graxos livres, formação de polímeros, diminuição de compostos voláteis, além de um aumento e diminuição de peróxidos devido à oxidação dos lipídeos. As alterações que ocorrem durante a fritura estão apresentadas esquematicamente na Figura 8 e 9.

Figura 8 – Esquema das alterações ocorridas durante o processo de fritura. Adaptado de Warner (2002).

Figura 9 - Intensidade das alterações nos lipídeos em função do tempo de fritura. Adaptado de Mehta e Swinburn (2001).

2.4.1 Interação lipídeo-amido

Durante a fritura de alimentos ricos em carboidratos ocorre a interação entre os lipídeos e o amido. Os lipídeos polares como monoglicerídeos, ácidos graxos e compostos similares formam uma inclusão helicoidal, entre a hélice da molécula de amilose e a cadeia do hidrocarboneto do lipídeo. Durante a gelatinização a amilose é solubilizada causando a adesividade entre os grânulos de amido, devido as ligações de hidrogênio. A adição de lipídeos diminui esta adesividade por diminuir as ligações de hidrogênio na superfície do grânulo (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006). A interação do lipídeo com a amilose tem sido relatada como um fator de aumento na temperatura de gelatinização, pois reduz o inchamento dos grânulos e interfere no acesso da amilose à água (POKORNÝ; KOLAKOWSKA, 2003). O esquema de interação amilose-lipídeo pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 – Esquema da interação amilose-lipídeo.

Fonte: Pokorny e Kolakowska, (2003).

2.4.2 Oxidação de lipídeos

A oxidação é o fenômeno mais importante que ocorre nos lipídeos causando a deterioração do sabor e odor, depreciação do produto e redução do valor nutricional. A rancidez pode ser classificada em rancidez hidrolítica e oxidativa.

A rancidez hidrolítica ocorre devido à hidrólise enzimática e não enzimática dos triglicerídeos originando diglicerídeos, monoglicerídeos e ácidos graxos livres. Na hidrólise enzimática as enzimas lipoxigenases atacam ácidos graxos polinsaturados catalisando a adição de oxigênio à cadeia polinsaturada, formando peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas. A hidrólise não enzimática ocorre pela ação de calor, vapor e umidade desencadeando reações químicas que rompem a ligação éster dos lipídeos, liberando mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres e glicerol (RAMALHO; JORGE, 2006)

A rancidez oxidativa ocorre devido à peroxidação lipídica, onde as espécies reativas de oxigênio, tais como, o $O_2^{\cdot -}$ (radical superóxido), H_2O_2 (peróxido de hidrogênio), $HO^{\cdot}$ (radical hidroxil), $ROO^{\cdot}$ (radical peroxil), $ROOH$ (hidroperóxido orgânico), 1O_2 , além da luz e o calor, levam a oxidação dos lipídeos formando compostos de cor escura, de sabor e odor de ranço (BOBBIO; BOBBIO, 2001; RAMALHO; JORGE, 2006). A autooxidação é o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras, ocorrendo em três etapas representadas na Figura 11.

onde: RH - Ácido graxo insaturado; $R^{\bullet}$ - Radical livre;
 $ROO^{\bullet}$ - Radical peróxido e ROOH - Hidroperóxido

Figura 11 – Mecanismo de oxidação lipídica. Adaptado de Ramalho e Jorge (2006).

Na etapa de Iniciação ocorre a formação dos radicais livres lipídicos, devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico da molécula do ácido graxo, em condições favorecidas por luz e calor. Na etapa de Propagação os radicais livres lipídicos que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos), cuja estrutura depende da natureza dos ácidos graxos presentes. Os radicais livres lipídicos formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico. Na etapa de Término dois radicais combinam-se, havendo a formação de produtos secundários de oxidação, produtos estáveis, obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos como epóxidos, compostos voláteis e não voláteis (MIN; BOFF, 2001).

Durante a oxidação do óleo de fritura há a formação de polímeros de alto peso molecular e alta polaridade. Os polímeros podem ser formados a partir de radicais livres ou triglicerídeos, por ácidos graxos cíclicos ou dímeros de ácidos graxos. O aumento da polimerização tem como consequência o aumento da viscosidade do óleo de fritura (WARNER, 2002).

O mecanismo de oxidação dos óleos de fritura é similar a autooxidação a 25°C, porém os produtos da oxidação primária, como os hidroperóxidos, são instáveis e decompõem-se rapidamente a 190°C em produtos da oxidação secundária como aldeídos e cetonas. Se estes forem insaturados como o 2,4-nonadienal e o 2,4-decadienal irão contribuir para o odor e aroma de alimentos fritos desejáveis, porém se forem saturados como o hexanal,

heptanal e octanal serão detectados como odores desagradáveis de óleo oxidado (BOSKOU, 2003).

2.4.3 Métodos para a determinação do grau da oxidação lipídica

A qualidade do óleo pode ser definida pela sua aceitabilidade e estabilidade, assim como à resistência as alterações e a deterioração. Um parâmetro global para determinar a qualidade de óleos e gorduras é a estabilidade oxidativa, que está relacionada não apenas com a sua composição química, mas também com a matéria-prima, o processamento e condições de estocagem do lipídeo (SMOUSE, 1995). Dentre as formas de determinação da estabilidade oxidativa estão os métodos de determinação de índice de acidez, índice de peróxidos, determinação de dienos e trienos conjugados, de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúico (TBARS), de compostos polares e a análise sensorial.

2.4.3.1 Índice de acidez

O índice de acidez é um indicativo da hidrólise dos lipídeos e é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama da amostra (IAL, 1985). Na legislação brasileira o regulamento técnico para óleos e gorduras RES-270 de 2005 (BRASIL, 2005) apresenta os valores de índice de acidez em % de ácido oléico estabelecidos para:

- óleos e gorduras refinados: máximo 0,3 g/100 g
- Azeite de oliva refinado: máximo 0,3 g/100g
- Azeite de oliva extra virgem: máximo 0,8 g/100 g
- Azeite de oliva virgem: máximo 3,3 g/100 g
- Óleo de bagaço ou caroço de oliva refinado: máximo 0,3 g/100 g
- Óleo ou gordura de palma bruto: máximo 5,0 g/100 g
- Óleo de gergelim bruto: máximo 2,0 g/100 g

Durante a fritura de alimentos com alto teor de água aliado a alta temperatura de fritura contribui para com o aumento do índice de acidez do meio de fritura, pois ocorrem as reações hidrolíticas que liberam os ácidos graxos livres e os diglicerídeos (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Existe uma boa correlação entre o índice de acidez e os compostos de hidrólise, o que permite predizer a quantidade de ácidos graxos e diglicerídeos formados durante o processo de fritura (MASSON et al. 1997).

Cella, Regitano-D'arce e Spoto, (2002) estudaram as alterações em óleo de soja durante a fritura de vegetais nas seguintes condições: fritura por 30 h nas temperaturas de

180 e 190°C, havendo a reposição da quantidade de óleo absorvido pelos alimentos. Estes autores observaram que o aumento ou diminuição do índice de acidez do óleo, reflete o tempo de fritura e a adição de óleo novo. A velocidade de reposição de óleo afetou muito a qualidade do óleo, fazendo com que os valores do índice de acidez variassem, sendo difícil neste tipo de fritura, utilizar o índice de acidez como parâmetro de descarte do óleo.

VERGARA et al (2006) avaliaram a estabilidade oxidativa do óleo de soja e do óleo de arroz em processo de fritura de batatas de forma descontínua e sucessiva. Para esse estudo o aumento da acidez e a formação de peróxidos nos óleos ocorreram rapidamente, sendo os maiores índices encontrados no óleo de soja que no óleo de arroz.

Até o momento não há regulamentação na legislação brasileira sobre o índice de acidez máximo para de óleos e gorduras utilizados em frituras, como parâmetro de descarte ou avaliação da qualidade.

2.4.3.2 Índice de peróxidos

Um dos métodos mais utilizados para a determinação de índice de peróxido é o método Cd 8-53 de 1990 da AOCS (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY). Este método determina todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio, que em meio ácido liberam iodo, sendo este titulado com tiosulfato de sódio e o resultado é expresso em termos de miliequivalentes de peróxido por kg de lipídeo. Jeffery, et al. (1992) não indicam esse método quando as quantidades de peróxidos são baixas devido à dificuldade em determinar o ponto final da titulação, sendo a análise limitada aos estágios iniciais da oxidação de lipídeos.

Outra forma utilizada para a determinação do índice de peróxido é o método desenvolvido por Shanta e Decker (1994). Esse método é mais sensível para determinar o índice de peróxido em lipídeos de alimentos pois é baseado na oxidação do ferro, tendo como limite de detecção 50 µmol ROOH/kg. O lipídeo é extraído do alimento através de extração a frio (Bligh; Dyer, 1959) e fica dissolvido no solvente de extração (clorofórmio), sendo utilizado diretamente na análise. O princípio da reação baseia-se na capacidade dos peróxidos de oxidarem o Fe^{2+} a Fe^{3+} de acordo com a equação abaixo:

O índice de peróxido varia com o tempo de forma gaussiana, um baixo valor não garante a estabilidade oxidativa, ao contrário pode significar instabilidade, pois a oxidação pode estar na sua etapa final, sendo uma análise de pouca sensibilidade (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). A redução o índice de peróxido, na fase final da oxidação, coincide com

as altas concentrações de produtos secundários (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres) (MONFERRER; VILLALTA, 1993) assim alguns autores recomendam a absorbância a 232 e 270 nm (dienos e trienos) como uma melhor opção para medir a peroxidação (MENTEN; GAIOTTO; RACANICCI, 2003).

Rastogi, Mathur e Rastogi, (2006) estudaram o processo de fritura em imersão de batatas em diferentes tipos de lipídeos como manteiga clarificada, gordura hidrogenada, óleo de coco, de canola, de amendoim, de soja, de algodão e de girassol. A temperatura de fritura foi de 170°C por 3 a 4 min, processo de fritura rasa (com pouco óleo) à temperatura de 150°C por 8 a 10 min, além de fritura por salteamento a 120°C por 6 a 7 min. Nestes três processos de fritura os pesquisadores utilizaram estudos sobre a estabilidade oxidativa dos óleos. Foram observados os maiores aumentos no índice de peróxidos na fritura rasa com gordura hidrogenada (de 0,45 para 8,35 mEq/L), no óleo de coco (de 1,01 para 9,21 mEq/L) e óleo de girassol (de 1,09 para 10,21 mEq/L). Os menores valores do índice de peróxido foram obtidos com a fritura por imersão, para todos os óleos e o método de fritura rasa leva a maior oxidação devido à proximidade do oxigênio atmosférico com as amostras.

Daniel-O'Dwyer (2007) comparou as alterações de óleo de algodão com os óleos de canola e de soja, parcialmente hidrogenado, na fritura de batata palito em restaurantes. Os meios de fritura foram mantidos por 8 h durante 5 dias sem reposição e as análises foram feitas a cada 24 h. Neste experimento o índice de peróxido foi maior no óleo de algodão que nos demais óleos para cada dia de teste, sendo que houve diferença significativa a $P \leq 0,05$ entre o primeiro e o quinto dia de fritura. Os valores no quinto dia de fritura foram relativamente baixos de 2,04 mEq/kg para o óleo de algodão, 1,24 mEq/kg para o de canola e 1,51 mEq/kg para o de soja, indicando que o óleo de algodão também pode ser utilizado para a fritura de batata palito.

Na legislação brasileira o regulamento técnico para óleos e gorduras de acordo com a RES-270 de 2005 (BRASIL, 2005) os valores de Índice de peróxidos para óleos e gorduras máximos são:

- Óleos e gorduras refinadas (exceto óleo de oliva refinado): máximo 10 meq/kg
- Azeite de oliva refinado: máximo 5 meq/kg
- Azeite de oliva virgem: máximo 20 meq/kg
- Óleo de bagaço ou caroço de oliva refinado: máximo 5 meq/kg

Da mesma forma que o índice de acidez até o momento não há regulamentação na legislação brasileira sobre o índice de peróxidos de óleos e gorduras utilizados em frituras como parâmetro de qualidade ou de descarte.

2.4.3.3 Dienos e trienos conjugados

No método de determinação de dienos e trienos conjugados, o óleo ou gordura são dissolvidos em ciclohexano e a extinção específica da solução é determinada. Nos comprimentos de onda de 232 nm para dienos e 272 nm para trienos e para os produtos secundários como as α -dicetonas ou as cetonas insaturadas. Usa-se como referência o solvente puro e estas absorções são expressas como extinções específicas indicadas por K (absorbância de uma solução a 1% do óleo no solvente especificado, numa cubeta de caminho ótico de 1 cm) (IAL, 1985).

Quando ocorre a oxidação de óleos e gorduras há a formação de peróxidos juntamente com a formação de dienos conjugados, devido à migração da dupla ligação nas primeiras fases da oxidação lipídica (PEDRESCHI; MOYANO, 2005). É possível ter uma boa indicação das alterações oxidativas pelo acompanhamento dos espectros de absorção na faixa do ultravioleta das amostras de óleo, o que não ocorre com o índice de peróxidos, pois os peróxidos se degradam em compostos menores, não representando o aumento da degradação do óleo com o tempo de fritura, já os dienos conjugados formados permanecem no óleo de fritura (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Quanto maior o valor da absorbância 232 nm, maior será o conteúdo de peróxidos, indicando o início do processo de oxidação, quanto maior for o valor de absorbância a 272 nm, maior o teor de produtos secundários (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). O aumento da absorção na região do ultravioleta é proporcional à absorção de oxigênio e a formação de hidroperóxidos durante os estágios iniciais de oxidação (KULAS; ACKMAN, 2001).

Del Ré e Jorge (2006) avaliaram as alterações dos óleos de girassol, de soja e de milho refinados, em frituras descontínuas de batata palito, pré-frita e congelada, além de um produto cárneo, empanado pré-frito e congelado (*snacks*). As amostras foram coletadas após 0,5; 2,5; 5,0; 7,0; 9,5 e 12 h de fritura. Os autores concluíram que a formação de dienos conjugados foi crescente com o aumento do tempo, independentemente do tipo de produto e óleos utilizados, tendo os teores de dienos variado de 0,216% a 1,552%. Neste estudo a formação de dienos conjugados foi maior durante a fritura das batatas do que nas frituras do *snacks*, independentemente do tipo de óleo de fritura, o que pode ter sido causado pela composição saturada dos lipídeos dos *snacks* que migraram para o óleo durante a fritura.

2.4.3.4 Substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)

O método de determinação de TBARS baseia-se na reação do ácido tiobarbitúrico (TBA) com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos como alquenais, alcanais e

dienais. Um dos principais produtos formados é o malondialdeído (MDA) ou malonaldeído (MA), um aldeído com 3 átomos de carbono. Na reação, uma molécula de MA reage com duas moléculas de TBA para formar um complexo de cor vermelha, que absorve entre 532 e 535 nm. A reação ocorre em meio ácido (pH 1 a 2) e alta temperatura (100°C) (DU; BRAMLAGE, 1992). O método de TBARS pode ser utilizado de modo satisfatório para avaliar os estágios iniciais de oxidação de banhas, gorduras e óleos de soja e canola. O método de TBARS mede o grau de oxidação de óleos e gorduras que tenham ácidos graxos com três ou mais duplas ligações (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005). A reação do TBA com MA pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 – Reação do malondialdeído com o ácido tiobarbitúrico. Adaptado de Osawa, Felício e Gonçalves (2005).

Ammawath, et al. (2002) estudaram o efeito de diferentes tipos de embalagem no armazenamento de banana *chips* sobre a oxidação dos lipídeos e as características sensoriais. Bananas verdes (*Pisang Abu*) da Malásia foram fritas em oleína de palma refinada (RBD) adicionada de óleo resina de alecrim, à temperatura de 180°C por 3 min. As amostras foram embaladas em sacos de polipropileno (PP), folha de alumínio laminada (LAF), polipropilenoorientado (OPP) e polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenadas por 8 semanas a 27°C. As análises de cor, TBARS e aceitação sensorial foram realizadas a cada 2 semanas. Foi observado uma diferença significativa a P≤0,05 em relação ao odor de ranço para as amostras embaladas em sacos de LAF, com maior intensidade após 8 semanas de estocagem, quando comparado às demais embalagens. Os valores de TBARS, porém, foram maiores para as amostras embaladas em sacos de PEBD não havendo correlação entre TBARS e a avaliação sensorial.

Valenzuela, et al. (2003) estudaram a estabilidade oxidativa do óleo de oliva, do óleo de girassol, do óleo de girassol com alto conteúdo de ácido oléico, e do óleo de soja parcialmente hidrogenado, que foram utilizados na fritura por imersão de batatas tipo palito, pré-fritas e congeladas. As batatas foram fritas a temperatura de 180°C por 5 min com reposição de óleo a cada batelada, ao final de 5 bateladas foram recolhidas amostras de

óleo para análise. Os autores não consideram o valor de TBARS como um parâmetro adequado para determinar o ponto de descarte do óleo de fritura, ao passo que a determinação de compostos polares mostrou-se mais adequada quando comparada à análise sensorial das amostras.

A importância da determinação de TBARS também está relacionada à saúde do consumidor, pois o malondialdeído e as outras substâncias reativas têm se mostrado carcinogênicas. Estudos mostram que o MA causou câncer de pele em ratos, sendo considerado um composto mutagênico (SAGUY; DANA, 2003).

2.4.3.5 Compostos polares

Os compostos polares totais são os compostos com maior polaridade que os triacilglicerois não voláteis, provenientes oxidação térmica e hidrolítica de lipídeos (DEL RÉ; JORGE, 2006). Na determinação dos compostos polares, estes são extraídos do óleo por meio de cromatografia de adsorção em duas frações. A fração apolar contém a gordura ou triglicerídios não alterados e, na fração polar, estão retidos os compostos polares. O uso de cromatografia em coluna para determinar compostos polares é considerado por vários autores um bom método da determinação do estado de oxidação dos óleos de fritura (CORSINI; JORGE, 2006).

Warner e Gupta (2005) estudaram o processo de oxidação no processo de fritura de batata *chips*, através da extração de compostos polares absorvidos pelas batatas após a fritura. Bateladas de 120 g de batata *chips* foram fritas a 190°C com frituras contínuas com reposição de óleo por 25h, sendo que amostras de óleo e de batatas foram recolhidas após 1, 5, 15 e 25 h de fritura. Foram utilizados óleo de algodão (CSO), óleo de soja com baixo teor de ácido linolênico (LLSBO), óleo de soja com alto teor de ácido oléico (HOSBO), além de uma mistura de 1:1 de HOSBO e LLSBO. Em relação aos compostos polares totais os autores concluíram que os níveis destes diminuíram com o aumento do ácido oléico e que o LLSBO teve o maior aumento de 17,3% de compostos polares totais entre o tempo 0 h e o tempo 25 h.

No Brasil não existem parâmetros que indiquem qual o momento de descarte de óleos de fritura, porém há uma estimativa de que estes devam ser descartados quando o teor de compostos polares estiver acima de 25% (JORGE; JANIÉRE, 2005). Alguns kits rápidos para a determinação de compostos polares totais têm sido disponibilizados no mercado para determinar o ponto de descarte do óleo de fritura. Os kits Oxifi-teste, Fritest e Ois test tem apresentado uma boa correlação com os parâmetros químicos e físicos de oxidação de lipídeos (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2002).

2.4.3.6 Análise sensorial

A análise sensorial quando realizada durante o tempo de vida de prateleira de produtos fritos possibilita acompanhar o aparecimento dos produtos da degradação oxidativa, responsáveis pelo *off flavors*. Pode ser considerada como a mais fiel das determinações, pois mede o que o consumidor consegue perceber, o que se traduz na aceitação ou não do produto. A análise sensorial é um método muito sensível, sendo possível detectar produtos de oxidação na razão de $\mu\text{g/kg}$ enquanto que os demais métodos possuem, em geral, um limiar de detecção mil vezes maior. Para alguns autores a análise sensorial não pode ser substituída quando se quer saber se um teste, químico ou físico, representa as alterações organolépticas de um produto (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). As alterações nos óleos e gorduras podem ser percebidas sensorialmente, ainda em estágios iniciais da oxidação devido à formação de produtos com sabores desagradáveis, que acabam por reduzir a vida de prateleira dos alimentos (ANTONIASSI, 2001).

Pangloli et al. (2002) estudaram a estabilidade oxidativa de batatas *chips* fritas em óleo de algodão (CSO), óleo de girassol (SFO) e em uma mistura de oleína de palma (POO) (40%) e SFO. As batatas foram armazenadas a $25,8^{\circ}\text{C}$, sendo que uma parte das amostras foram armazenadas no escuro e outra em local iluminado. Estas amostras foram analisadas após 0, 3 e 6 semanas quanto à estabilidade oxidativa e aceitação sensorial. Nas amostras armazenadas no escuro, o índice de peróxidos aumentou apenas nas amostras fritas em SFO, porém nas amostras armazenadas expostas à luz, o índice de peróxido teve menores valores nas batatas fritas na mistura de POO do que nas amostras fritas em CSO e SFO. Na análise sensorial os provadores identificaram que a intensidade de sabor e aroma foi similar entre os óleos e a mistura não apresentando alterações durante a estocagem, porém a intensidade de aroma oxidativo e *off flavors* aumentou nas amostras fritas em CSO armazenadas por 6 semanas com exposição à luz.

Pinto et al. (2003) estudaram a utilização de óleo de girassol, milho e gordura hidrogenada vegetal na fritura de batata *chips* por 10 minutos a 125°C . Após a fritura as amostras foram submetidas à avaliação sensorial dos atributos: crocância, rancidez e percepção do residual de gordura. Paralelamente foram feitas as análises de índice de peróxido, índice de acidez e de absorção de gordura durante o processo de fritura. Em relação à determinação de peróxidos todas as amostras ficaram abaixo de 10 mEq/kg e a acidez abaixo de 0,38%. Na análise sensorial a batata frita em gordura hidrogenada foi considerada menos crocante e apresentou maior percepção de residual de gordura. Em relação à percepção de rancidez não houve diferença significativa entre as amostras com as notas ficando entre 4,1 e 5,4 em uma escala não estruturada de 10 pontos.

3. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um novo produto moldado na forma de *chips* e frito, elaborado a partir de mandioca crua e cozida em pó, com uso de um mínimo de ingredientes, isento de glúten, gordura *trans* e ingredientes de origem animal.

3.1 Objetivos específicos

3.1.1 Primeira etapa: Obtenção da mandioca cozida em pó, pré-testes de formulação e processamento dos *chips*.

- Caracterização da matéria-prima
- Produção da mandioca cozida em pó
- Caracterização química e física da mandioca *in natura* e em pó
- Pré-testes de formulação e processo da mandioca *chips*
- Testes de formulação: uso de formulação base e diferentes óleos vegetais na formulação e fritura.
- Testes de processo.
- Determinação dos teores de umidade, porcentagem de absorção de óleo, crocância e rendimento dos *chips* fritos em diferentes óleos.
- Teste de consumidor: Análise sensorial preliminar

3.1.2 Segunda etapa: Aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca *chips*

- Aprimoramento da formulação a partir das informações obtidas no testes de consumidor utilizando planejamento experimental.
- Avaliação das respostas das variáveis do planejamento experimental e determinação dos parâmetros de processo e de formulação.
- Análise sensorial das amostras com as formulações de melhores características sensoriais
- Estudo da vida de prateleira: Estudo da estabilidade oxidativa e das características físicas, químicas e sensoriais de aceitação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Matérias-primas

As matérias-primas utilizadas para a primeira etapa dos experimentos foram três lotes de 60 kg de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) da variedade Manteiga, de polpa amarela, colhida entre 8 e 12 meses de plantio de um mesmo fornecedor da zona rural do Distrito de Tiquaruçu, BA. Para a formulação e fritura dos *chips* foram testados óleos refinados de soja, de girassol, de canola e de milho além de sal de cozinha refinado, de marcas comerciais disponíveis no mercado. Na segunda etapa deste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas: três lotes de 20 kg de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) da variedade IAC576-70, de polpa amarela, obtidos de um mesmo produtor na região de Mogi Mirim – SP, com idades entre 12 e 14 meses. Para a formulação e fritura dos *chips* foi utilizada gordura de palma marca Agropalma 420F e sal de cozinha refinado.

Para as análises químicas foram utilizados reagentes de grau analítico das marcas Sigma, Ecibra e Vetec.

4.1.2 Equipamentos

- Estufa de secagem, modelo Retilínea, marca Fanem Ltda. – SP- BR;
- Forno Mufla modelo Q318M, marca Quimis, Diadema – SP - BR;
- Medidor de atividade de água modelo Aqualab 4TE digital, marca Decagon, Pullman – USA;
- Bloco digestor de proteínas modelo TE – 04/25, marca Tecnal, Piracicaba – SP – BR;
- Destilador de nitrogênio modelo TE036, marca Tecnal; Piracicaba – SP – BR;
- Extrator de gorduras tipo soxhlet Technal, Piracicaba – SP – BR;
- Freezer modelo FFE 24, marca Eletrolux, Curitiba – PR – BR;
- Geladeiras modelo DC 47, marca Eletrolux, Curitiba – PR – BR;
- Cilindro laminador elétrico modelo CL300SL, marca G. Paniz, Caxias do Sul – RS – BR;
- Maseira espiral modelo AE 10L, marca G. Paniz, Caxias do Sul – RS – BR;
- Liquidificador doméstico modelo RI2044 marca Wallita – São Paulo – SP – BR;
- Analisador de textura TA-XT2 (Texture Analyser) com capacidade máxima de 25 kg e programa XTRAD Dimension (Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, England);
- Cortador de facas elétrico marca Lieme, Caxias do Sul – RS – BR;

- Desidratador com circulação forçada de ar e controle digital de temperatura com 12 bandejas; modelo SEC1000, marca Recifer, Garibaldi – RS – BR;
- Moinho de martelos com peneira 0,5 mm marca desconhecida;
- Peneirador com controle de tempo marca "Granutest"®, São Paulo SP-BR;
- Multiprocessador industrial (equipamento antigo, sem marca, disponível na Planta de processamento de vegetais da FEZ – UNICAMP Campinas – SP - BR);
- Fritadeira elétrica com controle de temperatura modelo F2B com dois cestos capacidade 4,5 L marca Croyodon, Duque de Caxias RJ – BR;
- Colorímetro modelo miniscam EZ marca Hunter Lab – Reston – Virginia - USA;
- Rapide visco analyser (RVA), Analisador Rápido de Viscosidade, modelo RVA 4500, marca Newport Scientific, Springfield -Illinois - EUA;
- Analisador de tamanho de partícula a *laser* (Laser Diffraction Ion Particule Size Analyzer) - modelo SALD - Shimadzu Scientific Instruments – Columbia – USA;
- Microscópio eletrônico de varredura modelo XL30 FEG, marca FEI Company, Hillsboro, Oegon - USA;
- Termoanalisador DSC (*Differential Scanning Calorimeter*) para DSC modelo 2920, marca TA Instruments – New Castle, DE – USA.
- *Shaker* com controle de agitação e temperatura – modelo. TE 420 – marca Tecnal, Piracicaba – SP – BR;
- Espectrofotômetro UV – Visível, modelo DU800, marca Beckman Coulter do Brasil Com e Imp de Produtos de Laboratório Ltda Santana de Parnaíba - SP – BR;
- Microscópio ótico modelo Primo Star, marca Carl Zeiss do Brasil Ltda- São Paulo –SP – BR;
- Seladora de barras aquecidas modelo 40 cm, marca Fabermaq – São Paulo – SP – BR;
- Liofilizador modelo, modelo LC 1500, marca Terroni – São Carlos – BR;
- Balanças analítica, e semi-analítica, pH metro e demais equipamentos e acessórios de uso comum a laboratórios.

4.2 MÉTODOS

Os estudos para o desenvolvimento da mandioca *chips*, moldada e frita foram conduzidos em duas etapas, de acordo com os fluxogramas de trabalho apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma de desenvolvimento da primeira e segunda etapa do trabalho

4.2.1 PRIMEIRA ETAPA - Obtenção da mandioca cozida em pó, pré-testes de formulação e processamento da mandioca *chips*

A primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho foi realizada na Universidade Estadual de Feira de Santana - (UEFS) na Bahia, onde foram realizados pré-testes para determinar a viabilidade de produção da mandioca *chips*, moldada e frita. Nesta etapa foi produzida e testada a mandioca cozida em pó para a produção dos *chips*, além de testes de pré-processamento e testes de fritura.

4.2.1.1 Obtenção da mandioca cozida em pó

Para a obtenção da mandioca cozida em pó foi utilizada a mandioca da variedade Manteiga, com 9 a 12 meses de idade, processadas 24 h após a colheita a partir da metodologia descrita no fluxograma da Figura 14.

Figura 14 – Fluxograma de processamento da mandioca cozida em pó

4.2.1.2 Descrição das etapas de produção da mandioca cozida em pó

- **Seleção e lavagem:** A qualidade das mandiocas era muito boa não havendo problemas de injúrias e ação de micro-organismos, havendo apenas a retirada do pedúnculo e de pontas quebradas. As raízes foram lavadas e escovadas sob água corrente para a retirada de sujidades e posteriormente as raízes foram imersas em água com 150 ppm de cloro livre, por 20 minutos à temperatura ambiente.

- **Descascamento:** As cascas e entrecasas foram retiradas manualmente com utilização de facas de inox e armazenadas em sacos de polietileno de alta densidade (PEAD) e congeladas a -18°C para análises posteriores. As raízes descascadas foram mantidas imersas em água potável até a etapa de corte.
- **Corte:** A mandioca descascada foi cortada em rodela de 10 mm de espessura, manualmente, com utilização de facas de inox. Parte da mandioca *in natura* foi armazenada em sacos de PEAD e congelada em freezer a -18°C para análises posteriores nas mesmas condições.
- **Cozimento a vapor:** A cocção das rodela de mandioca foi feita a vapor, em panela industrial própria para cozimento (Figura 15a. e 15b). Nesta etapa determinou-se a melhor relação de tempo para o cozimento. O cozimento foi checado de acordo com Berbari (2001) por perfuração, com uso de um garfo de inox, até que as rodela não apresentassem mais resistência à perfuração e o tempo de cozimento foi anotado. Também foi determinada a absorção ou perda de umidade das rodela de mandioca nesta etapa por diferença de peso entre o início e o final do processo.

a

b

Figura 15 – Cocção da mandioca em panela a vapor.

- **Laminação:** A laminação das rodela de mandioca cozida foi realizada com o uso de um cortador elétrico com lâminas em inox (Figura 16) obtendo-se laminas de 1,5 mm de espessura.

Figura 16 – Cortador elétrico com lâminas de inox.

- **Secagem:** A secagem da mandioca foi conduzida em um desidratador elétrico com circulação forçada de ar a 65°C. Foram secas 3 kg de da mandioca cozida e laminada, distribuída uniformemente em 12 prateleiras (Figura 17). Nesta etapa foi determinada, em triplicata, a curva de secagem da mandioca cozida laminada, observando-se a perda de massa a cada 1h e calculando a umidade em cada ponto, a partir da umidade inicial de acordo com Berbari (2001).

Figura 17 – Desidratador com circulação forçada de ar.

- **Moagem:** A mandioca cozida e desidratada foi triturada primeiramente em um moinho de martelos para a redução de tamanho e depois ela foi passada em um multiprocessador industrial até as partículas atingirem um tamanho médio de 0,5 mm (Figura 18).

Figura 18 – Multiprocessador industrial.

- **Peneiramento:** A mandioca cozida em pó obtida foi peneirada e a sua granulometria determinada de acordo com o método AOAC n. 965.22 (1995a) com uso do equipamento Granotest que utiliza peneiras de várias aberturas. A mandioca cozida em pó que passou pela peneira de 0,5 mm foi armazenada em sacos plásticos de PEAD, seladas e armazenadas a temperatura ambiente para os testes de formulação e análises posteriores.

4.2.1.3 Composição da mandioca *in natura* e mandioca cozida em pó

Para determinar a composição da mandioca *in natura* e da mandioca cozida em pó foram realizadas as análises a seguir:

A) Umidade (%U): A umidade foi determinada de acordo com o método AOAC-15^a (1993b). Cinco gramas de amostra (previamente triturada) foram colocadas em cápsula de porcelana de massa conhecida e esta foi mantida em estufa a 105°C por aproximadamente 6 h, ou mais, até atingir massa constante. A cápsula foi resfriada em dessecador e pesada, repetindo-se o processo anterior até peso constante. A umidade foi calculada através da Equação 1:

$$\% U = (\text{Massa de água perdida} \times 100) / \text{Massa da amostra} \quad (\text{Equação 1})$$

B) Cinzas (%C): As cinzas (ou resíduo mineral fixo) foram determinadas de acordo com método 08-01 da AOAC (1995a). Cadinhos de porcelana identificados foram calcinados em mufla a 550°C durante uma hora e resfriados em dessecador por 30 minutos, tendo sua massa determinada. Cinco gramas de amostra triturada foram colocadas nestes cadinhos e

estes submetidos ao aquecimento de 200°C, até a carbonização completa das amostras (até cessar a fumaça). Em seguida os cadinhos foram levados para a mufla a 550°C por seis horas e resfriados em dessecador por 30 minutos e pesados. Esta operação foi repetida até peso constante e as cinzas apresentarem coloração branca. O teor de cinzas foi calculado de acordo com a Equação 2:

$$\% \text{ C} = (\text{massa das cinzas} \times 100) / \text{Massa da amostra} \quad (\text{Equação 2})$$

C) Proteína (%P): O teor de proteínas foi determinado pelo método indireto de determinação de nitrogênio total pela técnica de micro-Kjeldahl, método 46-12 da AOAC (1990), usando o fator N x 6,25 para obter o teor de proteína bruta através da metodologia a seguir:

DIGESTÃO

Pesaram-se 200 mg de amostra triturada e 0,5 g da mistura catalisadora e estas foram colocados em tubo de semi-micro Kjeldahl de 100 mL. Um ensaio controle foi feito com água e outro com sulfato de amônia, sendo adicionados 2 mL de H₂SO₄ concentrado. Os tubos foram levados para o bloco digestor, deixados em digestão por 8 h a 350°C ou até apresentar coloração verde clara e a solução estar translúcida.

DESTILAÇÃO

Em um erlenmeyer de 250 mL foram colocados 20 mL de ácido bórico a 4%, juntamente com 4 gotas de vermelho de metila e 6 gotas de verde de bromocresol. Acoplou-se o erlenmeyer ao destilador, de modo que a ponteira ficou submersa ao líquido. Neutralizou-se a amostra digerida com aproximadamente 20 mL de hidróxido de sódio 40%. Foi feita a destilação até obter 100 mL de destilado. Titulou-se a solução do erlenmeyer com HCl 0,01N. Um frasco foi preparado como branco sem o destilado, apenas com o ácido bórico e indicadores. O cálculo do teor de proteína foi realizado a partir da Equação 3.

$$\% \text{ P} = [((\text{Va} - \text{Vb}) \times \text{N} \times \text{f} \times 1,4) \times \text{FCN}] / \text{P} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Va= volume de HCl gasto na titulação

Vb= volume de HCl gasto na titulação do branco

N = Normalidade do HCl

f = fator de correção do HCl

P = peso da amostra

FCN = fator de correção de N para a proteína (6,25)

D) Lipídeos (%L): A porcentagem de lipídeos foi determinada de acordo com o método Bligh e Dyer (1959). Pesaram-se 2,5 g da amostra em um erlenmeyer e registrou-se a massa. Adicionou-se a cada amostra 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada, os erlenmeyers foram tampados hermeticamente com filme plástico (Parafilm) e estes foram agitados por 30 minutos em *shaker* com agitação de 100 rpm. Após a agitação adicionou-se a cada amostra 10 mL de clorofórmio, 10 mL de solução de Na₂SO₄ 1,5% repetindo-se a agitação por mais 2 minutos no *shaker*.

Transferiu-se o conteúdo do erlenmeyer para um funil de separação, esperaram-se alguns segundos para a separação das fases. A camada inferior foi transferida (clorofórmio + lipídeo) para um tubo Falcon contendo 1 g de Na₂SO₄ anidro, agitou-se o tubo para remover traços de água e filtrou-se em papel de filtro. Pipetaram-se 5 mL do filtrado em um béquer de 50 mL previamente seco e de massa conhecida. O béquer foi seco na estufa a 105°C até evaporar o solvente (15 a 20 min), resfriou-se em dessecador, pesou-se e calculou-se a % de Lipídeos de acordo com a Equação 4:

$$\% L = [(p \times 4) / g] \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: p = peso do lipídeo (g) contidos em 5 mL e g = peso da amostra (g).

E) Carboidratos (%C): A porcentagem de carboidratos total foi calculada por diferença pela subtração de 100, da somatória das porcentagens de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos de acordo com a Equação 5 (CECHI, 2003).

$$\% C = 100 - (\% U + \% C + \% P + \% L) \quad (\text{Equação 5})$$

4.2.1.4 Desenvolvimento da Mandioca *chips*: Pré-testes de formulação e processo

A mandioca cozida em pó obtida de acordo com o descrito no item 4.2.1.1 foi utilizada para os pré-testes de processo e de formulação. Para a produção da massa dos *chips* foram determinadas a quantidade de água necessária e a porcentagem de óleo de milho ou canola ou girassol ou soja (1,5%, 3% e 6%) necessária para produzir uma massa uniforme, elástica e moldável. Para a fritura os *chips* foram testados nos respectivos óleos vegetais de milho, canola, girassol e soja. Dentre as formulações testadas uma formulação denominada *chips*1 foi utilizada para os pré-testes de formulação. A mandioca *chips* foi processada de acordo com o fluxograma da Figura 19.

Figura 19 – Fluxograma da elaboração dos *chips*.

As etapas de preparação da mandioca *chips* foram realizadas de acordo com a descrição das etapas abaixo:

- **Pesagem:** Para a etapa de pesagem foi utilizada balança semi-analítica com capacidade de $3 \pm 0,01\text{kg}$.
- **Amassamento:** Os ingredientes em pó e a gordura foram adicionados juntos e submetidos ao amassamento através em uma masseira (Figura 20) sendo que a água foi adicionada aos poucos, até a obtenção de uma massa com textura adequada para cilindragem e corte.

Figura 20 – Masseira para mistura de ingredientes.

- **Cilindragem:** A massa foi passada por um cilindro elétrico (Figura 21) com redução da espessura a cada passagem, desde 10 mm, depois 5 mm até a abertura de 1,17 mm obtendo um filme de massa uniforme e resistente.

Figura 21 – Cilindro elétrico com regulagem de espessura.

- **Moldagem:** O filme de massa foi cortado manualmente com molde plástico circular de 50 mm de diâmetro interno, para obtenção de um formato circular, formando os *chips*. Estes *chips* crus foram mantidos cobertos com filme plástico até o momento da fritura para não ressecarem (Figura 22).

Figura 22 – Moldagem da massa na forma de *chips*.

- **Fritura:** Os *chips* foram submetidos à fritura por imersão em óleo de soja, milho, girassol ou de canola em batelada. Foram testadas as temperaturas de 160 °C, 170 °C e 180°C por 1 min, 1,5 min e 3 min. Foi utilizada uma fritadeira elétrica com controle de temperatura (Figura 23).

Figura 23 – Fritadeira elétrica.

- **Resfriamento:** Os *chips* foram colocados por 10 minutos no cesto de fritura para que o excesso de óleo saísse e para que eles atingissem a temperatura ambiente.
- **Armazenamento:** Os *chips* foram armazenados em sacos de PEAD (com 0,058 mm de espessura) e fechados por selagem em seladora de barras aquecidas. A mandioca *chips* foi armazenada a temperatura ambiente até as análises.

4.2.1.5 Caracterização da mandioca *chips*1

A formulação *chips*1 foi preparada com óleo de soja ou milho ou canola ou girassol (3%), mandioca Manteiga cozida em pó (100%), sal (1%) e água (80%). Para a caracterização da mandioca *chips*, moldada e frita, em diferentes óleos vegetais determinou-se a umidade, as proteínas, os lipídeos, as cinzas e os carboidratos de acordo com a metodologia do item 4.2.1.3. O teor de sódio foi determinado conforme o item 4.2.1.5 (A), a textura de acordo com o item 4.2.1.5 (B) e a análise sensorial de acordo com o item 4.2.1.5 (C) descritos a seguir.

A) Determinação de sódio

As cinzas obtidas no item 4.2.1.3 subitem C, foram utilizadas para a determinação de sódio de acordo com a metodologia descrita por IAL (1985). As cinzas foram dissolvidas com 2 mL de ácido nítrico:água (1:3), filtradas e transferidas para um balão volumétrico de 100 mL e o volume completado com água deionizada. Preparou-se uma solução controle (branco) sem cinzas. Pipetaram-se 5 mL desta solução, 5 mL da solução branco e 1 mL da solução diluída de KCl em balões de 100 mL, completou-se o volume com água deionizada e homogeneizou-se. O fotômetro de chamas foi calibrado com as soluções padrão de sódio contendo 100mg Na⁺/L usando as lâmpadas adequadas. Mediu-se o conteúdo de sódio das soluções diluídas utilizando-se uma curva de calibração para sódio.

B) Textura

As amostras de mandioca *chips* foram avaliadas através do teste de crocância com o emprego do Analisador de Textura TA-XT2, utilizando um *probe* tipo esfera de ¼ de polegada (P/0,25 S) determinado a força máxima em gf (grama força). Para calibração foi utilizada uma carga de célula de 25 kg (GRIZOTTO; MENEZES, 2002).

C) Análise sensorial I

As amostras de mandioca *chips* com as melhores características sensoriais foram submetidas a teste de consumidor no ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) em Campinas, SP, com o objetivo de verificar a preferência do consumidor e levantar as possíveis modificações necessárias à melhoria do produto.

Um grupo de 50 consumidores de batata frita tipo *chips* e de mandioca frita de modo tradicional (mandioca palito), sem restrição quanto à idade, classe social ou sexo, provaram as amostras de mandioca *chips* e de batatas fritas tipo *chips* (obtidas no comércio local).

As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade global e em particular à aparência, ao odor e ao sabor por meio de escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo), solicitando-se aos consumidores que descrevessem o que mais gostaram e menos gostaram em cada uma das amostras.

As amostras foram avaliadas também por meio de escalas do ideal de 5 pontos quanto ao teor de sal (5 = muito mais salgado do que eu gosto, 3 = do jeito que eu gosto e 1 = muito menos salgado do que eu gosto), à crocância (5 = muito mais crocante do que eu gosto, 3 = do jeito que eu gosto e 1 = muito menos crocante do que eu gosto) e à consistência na boca (5=muito mais firme do que eu gosto, 3=do jeito que eu gosto e 1 = muito menos firme do que eu gosto).

Em relação à intenção de compra foram analisadas por meio da escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez compraria/ talvez não compraria e 1 = certamente não compraria). Foi solicitado aos consumidores para que expressassem o quanto concordavam, através de uma escala de 5 pontos (5 = concordo totalmente, 3 = nem concordo /nem discordo e 1 = discordo totalmente), com as seguintes afirmações:

- a) Batatinha frita tipo *chips* é muito bom a qualquer hora
- b) Mandioca frita tipo *chips* é muito bom a qualquer hora
- c) Mandioca frita tipo *chips* substitui a Batatinha frita tipo *chips* sem problema

As amostras foram apresentadas de forma monádica e sequencial, com códigos de três números aleatórios e segundo um delineamento de blocos completos casualizados. As amostras foram servidas em guardanapos de papel, disponibilizando-se água mineral para uso entre as amostras. O teste foi realizado em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes com a coleta e a análise dos dados realizados por meio do sistema computadorizado *Compusense Five* versão 4.6 para avaliação sensorial, sendo os dados relativos à escala hedônica e à escala do ideal submetido à análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006). O modelo da ficha da Análise Sensorial 1 utilizada está apresentado a seguir.

10 Por favor indique o quanto você gostou do TEOR DE SAL do produto?

Muito menos salgado do que eu gosto ()	Um pouco menos salgado do que eu gosto ()	Do jeito que eu gosto ()	Um pouco mais salgado do que eu gosto ()	Muito mais salgado do que eu gosto ()
--	---	---------------------------------	--	---

11 Por favor indique o quanto você gostou da CROCÂNCIA do produto?

Muito menos firme do que eu gosto ()	Um pouco menos firme do que eu gosto ()	Do jeito que eu gosto ()	Um pouco mais firme do que eu gosto ()	Muito mais firme do que eu gosto ()
--	---	---------------------------------	--	--

12 Por favor indique o quanto você gostou da CONSISTÊNCIA NA BOCA do produto?

Muito menos crocante do que eu gosto ()	Um pouco menos crocante do que eu gosto ()	Do jeito que eu gosto ()	Um pouco mais crocante do que eu gosto ()	Muito mais crocante do que eu gosto ()
---	--	---------------------------------	---	--

13 Se este produto estivesse a venda, você compraria este produto?

Certamente não compraria ()	Possivelmente não compraria ()	Talvez comprasse, talvez não comprasse ()	Possivelmente compraria ()	Certamente compraria ()
------------------------------------	---------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------

Comentários: por favor indique o que em particular você gostou ou desgostou neste produto (use palavras ou frases):

Gostos:	Desgostos:
---------	------------

14 Por favor marque com um "X" o quanto você concorda ou discorda de cada uma das seguintes afirmações:

Afirmação	Resposta	Discordo totalmente	Discordo em parte	Nem concordo nem discordo	Concordo em parte	Concordo totalmente
Batatinha Frita tipo chips é muito bom a qualquer hora						
Mandioca Frita tipo chips é muito bom a qualquer hora						
Mandioca Frita tipo chips substitui a Batatinha Frita tipo chips sem problema						

4.2.2 SEGUNDA ETAPA – Aprimoramento da formulação e estudo de vida de prateleira da mandioca *chips*

A segunda etapa foi realizada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP. Nesta fase foram utilizados três lotes de 20 kg de mandioca da variedade IAC576-70, obtida de um mesmo produtor na região de Mogi Mirim, SP, com idade variando entre 14 e 16 meses. Os lotes foram processados 24h após a colheita. Foram feitas modificações na formulação e/ou processo visando melhorar a aceitação do produto de acordo com os resultados da análise sensorial preliminar da etapa um. Nesta segunda etapa, também, foi avaliada a vida de prateleira da mandioca *chips* contemplando a estabilidade oxidativa, características químicas, físicas e sensoriais.

4.2.2.1 Produção e caracterização da mandioca crua e cozida em pó a partir da variedade IAC576-70

A produção de mandioca cozida em pó obtida a partir da variedade IAC576-70 segue o fluxograma de processamento da Figura 14 e a produção de mandioca crua em pó desta variedade segue o fluxograma apresentado na Figura 24. A descrição das etapas de processo de produção da mandioca crua em pó segue a mesma descrição do item 4.2.1.2, porém sem a etapa de cocção.

Figura 24 – Fluxograma de processamento da mandioca crua em pó.

Para a caracterização da mandioca crua e cozida em pó foram realizadas as análises a seguir e algumas destas também foram feitas com o amido extraído das raízes *in natura*:

A) Determinação de açúcares redutores

Para a determinação de açúcares redutores amostras de 3 g de mandioca em pó IAC576-70 foram e suspensas em água destilada e o volume foi completado para 100 mL em balão volumétrico. A amostra foi deixada em repouso por 15 min e foi filtrada em papel de filtro. O filtrado foi utilizado para a determinação de açúcares redutores de acordo com o Método de Somogyi (1945) e Nelson (1944) onde foi utilizada uma curva de glicose, com concentração variando de 20 a 180 µg/mL, e a leitura da absorbância lida a 540 nm. Para a reação pipetaram-se 0,5 mL da amostra e adicionaram-se 0,5 mL do reagente SN I, preparado de acordo com a Somogyi (1945), cobriu-se os tubos com filme plástico e estes foram levados a banho-maria em ebulição por 10 min. Os tubos foram resfriados em banho de gelo e adicionados de 0,5 mL do reagente SN II, preparado de acordo com Nelson (1944), e levados para homogeneização em vortex. Os tubos foram mantidos em repouso por 10 min e adicionados de 5 mL de água destilada, após a homogeneização a absorbância foi lida a 540 nm.

B) Açúcares totais não amido

Na determinação de açúcares totais amostras de 3 g de mandioca em pó foram suspensas em água destilada em um béquer, foi adicionado 5 mL de HCl concentrado e homogeneizou-se. O béquer foi mantido em banho-maria a 60°C por 15 min e em seguida, as amostras foram resfriadas em banho de gelo, tendo o pH ajustado para 7,0 com NaOH 40% e o volume completado para 100 mL em balão volumétrico. Deixou-se em repouso por 15 min e filtrou-se em papel de filtro. O filtrado foi utilizado para a determinação de açúcares redutores de acordo com o método descrito em A.

C) Determinação da porcentagem de amido disponível

A determinação de amido disponível foi realizada de acordo com a metodologia de Walter, Silva e Perdomo (2005) com uso de enzimas amilolíticas e protease. Foi colocado 300 mg de amostra homogenea em tubo de Falcon com capacidade de 50 mL e anotou-se a massa, foi adicionado 0,2 mL de etanol 80% aquoso e 3 mL de tampão fosfato pH 6.8 0,2M.

O tubo foi colocado em banho-maria 95°C por 5 min, agitando o tubo para equilibrar a temperatura e gelatinizar o amido, e também para não formar grumos. Adicionou-se 100 µl de α – amilase (*heat stable* da Sigma A3306), diluída 1:250 e agitou-se o tubo mantendo-o incubado por mais 5 min. Resfriou-se o tubo até 60°C e adicionou-se 100 µl de Protease de *Bacillus licheniformis* (P3910 da Sigma) na concentração de 5 mg/100 µl e manteve-se por 30min em banho-maria a 60°C. Adicionou-se 4 mL de tampão acetato de sódio 0,2 M pH 4,5 deixando-se por 5 min até equilibrar a temperatura a 50°C em banho-maria, sendo posteriormente adicionado 100µl de amiloglucosidase de *Aspergillus niger* (Sigma A7095) na concentração de 300 unidades/mL e deixou-se por mais 30 min a 50°C.

Após a incubação o tubo foi centrifugado por 10 min a 1000xg. Recolheu-se o sobrenadante em tubo de ensaio e ao precipitado adicionou-se 10 mL de tampão acetato de sódio 50 mM pH 4,5 e este foi centrifugado novamente. Juntou-se os dois sobrenadantes e o volume foi ajustado para 100 mL em balão volumétrico. A diluição depende da quantidade de amido na amostras, as amostras ricas em amido são diluídas para 100 mL ou mais e para amostras com valores próximos a 5% de amido diluiu-se para 25 mL.

Para a determinação de glicose utilizou-se o Kit de glicose da LABORLAB sendo a preparação dos reagentes de acordo com as instruções do kit. Pipetou-se 2 mL do reativo de trabalho (mistura dos reativos) equilibrando a temperatura no banho-maria a 37°C por 5 min antes de adicionar a amostra e/ou padrão, o teste foi feito em triplicata. Adicionou-se 20 µl de amostra nos tubos contendo o reativo de trabalho, fazendo um branco só com o reativo. No tubo com a solução padrão de glicose foi adicionando 20µL de solução de glicose padrão aos 2 mL de reativo de trabalho. Após a adição da amostra manteve-se o tubo no banho-maria a 37°C por exatamente 5 min e fez-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 505 nm e os cálculos foram feitos de acordo com a Equação 6.

$$\text{mg de glicose/dL} = \text{Absorbância da amostra} \times F \quad (\text{Equação 6})$$

onde:

$$F = 100\text{mg/dL} / \text{Absorbância do Padrão}$$

Para converter a quantidade de glicose final encontrada para amido multiplicou-se o resultado por 0,9.

D) Determinação de pH

Foi determinado o pH da mandioca *in natura* de acordo com o método IAL (1985). Pesou-se 10 g da amostra em um béquer e adicionaram-se 100 mL de água deionizada. Deixou-se 30 min sob agitação em placa magnética e após a agitação deixou-se o béquer

10 min em repouso para sedimentar, transferiu-se o sobrenadante para outro béquer e determinou-se o pH em pHmetro previamente calibrado.

E) Determinação de Acidez

Para as amostras de mandioca crua e cozida em pó foi determinado a acidez de acordo com o método 415/IV do IAL (1985) onde amostras de aproximadamente 2,5 g foram transferidas para um frasco erlenmeyer de 125 mL com tampa, contendo 50 mL de etanol (medido com pipeta volumétrica). Agitou-se o frasco algumas vezes e este foi mantido em repouso por 24 horas. Um volume de 20 mL do sobrenadante foi transferido volumetricamente para um frasco erlenmeyer de 125 mL e foi adicionado algumas gotas da solução de fenolftaleína 1%, titulando-se a seguir com hidróxido de sódio 0,1 N ou 0,01 N até coloração rósea persistente. Uma prova em branco foi preparada com 20 mL do mesmo álcool. Para a mandioca crua *in natura* e para as cascas e entrecasas foram pesados 5 g da amostra triturada em erlenmeyer de 125 mL contendo 50 mL de água. Adicionou-se de 2 a 4 gotas da solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 M ou 0,01 M, até coloração rósea e os cálculos foram realizados de acordo com a Equação 7:

$$\text{Acidez em solução molar por cento (v/m)} = (V \times f \times 100) / P \times c \quad (\text{Equação 7})$$

V = volume em mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M

P = massa em g da amostra usado na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução de NaOH 0,01 M.

F) Capacidade de ligar iodo

A capacidade de ligar iodo foi determinada na mandioca crua e cozida em pó assim como na mandioca *in natura*. A capacidade de ligar iodo ou índice de valor azul, BVI (*Blue Value Index*), foi determinado por um método adaptado de Lambert et al (2004) onde o complexo de amilose com iodo produz uma cor azul, cuja intensidade pode ser usada para determinar o teor de amilose livre em uma solução de amido solúvel. Uma amostra de 2,5 g para a mandioca crua ou cozida em pó (ou 7,5 g de no caso da mandioca *in natura* moída), foi colocada em béquer de 250 mL, adicionou-se 100 mL de água destilada, e deixou-se a 60°C em banho-maria por 20 min. Após o processo de extração e aquecimento, a suspensão foi filtrada em papel de filtro. Colocou-se 2,5 mL do filtrado em tubo de ensaio e

adicionou-se 0,1 mL de solução diluída de I₂-KI, (preparada com 2mg de I₂ por mL + 20mg de KI por mL) e 22,5 mL de água destilada e homogeneizou-se. A absorbância foi lida em 635 nm contra branco (0,1 mL de I₂-KI solução diluída e adicionada 22,4 mL de água destilada). As medições foram feitas em triplicata e o valor de BVI foi calculado com base no peso de 1 g de amostra seca inicial, como apresentado na Equação 8 abaixo:

$$\text{BVI} = (A_{635} \times V_1) / w \times \text{dm} \cdot V_2 \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

BVI = índice de valor de azul

A₆₃₅ = absorbância lida a 635 nm

W = massa da amostra (g)

dm = massa da amostra em % de matéria seca (g/100 g)

V₁ = volume de diluição (200 mL) e V₂ é o volume de filtrado (2,5 mL).

G) Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Poder de Inchamento (PI)

Para as amostras de mandioca crua e cozida em pó foram determinados o PI e ISA segundo Schoch (1964). Pesaram-se 0,5 g das amostras em tubos de Falcon previamente pesados e foram adicionados 40 mL de água destilada, mantendo os tubos em banho-maria nas temperaturas de 25, 40, 50, 60 e 75°C com agitação a cada 5 min para manter a amostra em suspensão. Após 30 min de tratamento térmico, os tubos contendo os grânulos de amido intumescidos foram pesados, sendo a seguir levado à centrífuga (2.500 rpm/15 min; F = 1306g) para a separação de fases.

Para a determinação do ISA uma alíquota de 10 mL do sobrenadante foi transferido para uma cápsula de porcelana previamente seca e pesada onde alíquota esta foi seca até peso constante. O peso do resíduo presente na cápsula foi usado para determinar a solubilidade da amostra (em base seca), através da Equação 9:

$$\text{ISA (\%)} = (\text{massa do resíduo seco} \times 4 \times 100) / \text{massa da amostra (base seca)}.$$

(Equação 9)

Para avaliar o PI foi removido o restante do sobrenadante acima da amostra sedimentada e o tubo de centrífuga contendo o gel de amido foi pesado para determinar o peso dos grânulos inchados. O poder de inchamento foi calculado através da Equação 10:

$$\text{PI} = (\text{massa do gel sedimentado} \times 100) / [\text{massa da amostra em base seca} \times (100 - \text{ISA (\% em base seca)})].$$

(Equação 10)

H) Viscosidade da pasta

A viscosidade da pasta foi determinada nas amostras de amido liofilizado mandioca crua e cozida em pó, assim como no amido, extraído das raízes, segundo Nunes, Santos e Cruz (2009) e posteriormente liofilizado. As características da viscosidade de pasta foram obtidas com o uso do RVA (Rapid Visco analyser) de acordo com o seguinte protocolo:

Tempo	Parâmetro	valor
00:00:00	temperatura	50°C
00:00:00	velocidade	960rpm
00:00:00	velocidade	160rpm
00:01:00	temperatura	50°C
00:04:45	temperatura	95°C
00:07:15	temperatura	95°C
00:11:00	temperatura	50°C
00:13:00	fim do teste	

A partir das curvas de viscosidade foram obtidos os parâmetros: viscosidade no pico de empaste, quebra da pasta durante a cocção, viscosidade final, endurecimento produzido pelo resfriamento a 50°C (retrogradação) e tempo para atingir a viscosidade no pico (tempo de pico). Inicialmente 2,8 g das amostras com umidade de 8% tiveram a umidade corrigida para umidade de 14% e foram colocadas em recipientes de alumínio do próprio aparelho. Adicionou-se 25,2 mL de água e agitou-se manualmente com bastão de vidro, antes de completar o volume final, até obter dispersão da amostra. Após, o recipiente foi colocado no aparelho (Figura 25) e a análise foi procedida.

Figura 25 - Analisador Rápido de Viscosidade (RVA).

I) Microscopia Ótica

Foram observadas no microscópio ótico suspensões de água com amido ou com mandioca crua ou cozida em pó para observação das alterações estruturais ocorridas nas amostras.

J) Tamanho e distribuição das partículas

O tamanho e distribuição das partículas foram obtidos por espectrometria de difração a LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação. Um pequena amostra de amido liofilizado extraído da mandioca *in natura* ou a mandioca crua em pó foi suspensa em água deionizada e para a amostra de mandioca cozida em pó foi feita uma suspensão em etanol. As amostras foram colocados na cubeta do espectrômetro de difração a LASER (Laser Diffraction Ion Particule Size Analyzer - Shimadzu modelo SALD) seguindo as instruções do manual de operação do equipamento e os resultados foram analisados pelo software Ald 201V-WEA2:VI.3.

L) Cor

A análise de cor da mandioca crua e cozida em pó foi realizada no colorímetro Hunterlab de acordo com Berbari (2001) com o emprego do iluminante C de opacidade comprovada. Os resultados médios das triplicatas foram expressos no sistema Cielab nas coordenadas de cromaticidade L^* a^* b^* , sendo:

- L^* : luminosidade de branco +80 a preto - 80
- a^* : variando de vermelho +60 a verde - 60
- b^* : variando de amarelo +60 a azul - 60

M) Fibras: A fibra total, fibra detergente ácido e fibra neutra foram determinadas de acordo com o método descrito por Goering e Van Soest (1970).

N) Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As análises de MEV foram realizadas no Departamento de Materiais da Universidade de São Carlos (DEMA – UFSCAR) nas amostras de amido, mandioca crua e cozida em pó. Uma suspensão contendo a amostra foi gotejada em grade de cobre e deixada a secar. Posteriormente foram recobertas de ouro e paládio e analisados em microscópio eletrônico (PLATA-OVIEDO; CAMARGO, 1998).

O) Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

As amostras de amido, da mandioca crua e cozida em pó foram submetidas à análise térmica de acordo com Rodríguez-Sandoval et al (2008). O gradiente de temperatura utilizado foi de 30 a 100°C com taxa de aquecimento de 10°C/min.

4.2.2.2 Testes de formulação

A massa para produção dos *chips* foi elaborada com mandioca cozida em pó, mandioca crua em pó em quantidades de acordo com o planejamento experimental representado na Tabela 7, onde os valores dos níveis apresentados na Tabela 6, foram definidos após testes preliminares. A massa foi adicionada de 3% de sal e 3% de gordura de palma ou óleo de soja, porcentagens em relação à soma de mandioca em pó crua e cozida. A adição de água à massa foi feita de forma a permitir a cilindragem da massa variando de acordo com a formulação. A fritura foi feita por imersão em óleo de soja ou gordura de palma com temperatura de 160°C $\pm$ 1°C. Os tempos de fritura estão apresentados na Tabela 6. Após a fritura foram adicionados 0,6% de sal sobre os *chips* em relação ao seu peso final.

O uso da técnica de planejamento experimental descreve o comportamento da variável dependente (y) frente às mudanças nas variáveis independentes (x) dentro do intervalo estudado.

Foi utilizado o planejamento composto central rotacional fatorial completo de 2³ com 6 pontos axiais e três repetições do ponto central, totalizando 17 ensaios, foi aplicado tendo como variáveis independentes (X) foram: a quantidade em gramas de mandioca crua em pó (X1), mandioca cozida em pó em gramas (X2) e o tempo de fritura em segundos (X3) com pontos axiais + α (+1,68) e - α (-1,68) de acordo com a Tabela 6. Os valores das variáveis foram estabelecidos de acordo com os resultados obtidos em testes preliminares de formulação e processo, sendo a produção das amostras feita aleatoriamente. As variáveis dependentes (Y) foram: absorção de lipídeos (%), umidade dos *chips* (%), Aa, textura (gf), cor (L* a* b*) e volume específico (cm³/g).

A análise dos resultados foi realizada através da metodologia de superfície de resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2005) utilizando o programa Statistica V.7 (*statsoft inc.*). Os resultados também foram submetidos à análise de variância pelo teste F e nos modelos significativos as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.com uso do programa Minitab V. 16.

Tabela 6 - Valores reais dos níveis utilizados no delineamento composto central rotacional

Variáveis independentes	Níveis				
	$-\alpha$ (-1,68)	-1	0	+1	$+\alpha$ (+1,68)
X1 - Mandioca crua em pó (g)	0	6,00	15	24	30
X2 - Mandioca cozida em pó (g)	80	88	100	112	120
X3 - Tempo de fritura a 160° C (s)	30	54	90	126	150

TABELA 7 – Delineamento Composto Central Rotacional

Ensaio	Mandioca crua em pó (g)	Mandioca cozida em pó (g)	Tempo de fritura (s)
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9 (PC)*	0	0	0
10 (PC)*	0	0	0
11 (PC)*	0	0	0
12**	$-\alpha$	0	0
13**	$+\alpha$	0	0
14**	0	$-\alpha$	0
15**	0	$+\alpha$	0
16**	0	0	$-\alpha$
17**	0	0	$+\alpha$

*PC = Pontos centrais; ** Pontos axiais

4.2.2.3 Determinação das variáveis dependentes

A determinação das variáveis dependentes foi realizada a partir da metodologia descrita a seguir:

- A) **Umidade e lipídeos:** A porcentagem de umidade e lipídeos foi determinada nos *chips* após a fritura através da metodologia descrita no item 4.2.1.3.
- B) **Aa:** A atividade de água foi determinada de acordo com o item 4.2.1.5.
- C) **Textura:** Para a determinação de textura foi utilizada uma sonda cilíndrica plana com diâmetro de 3 mm, V = 10 mm/s, com medida da Força máxima (gf) de perfuração e medida do tempo de quebra dos *chips*. Foi utilizada carga de célula de 25 kg e para cada amostra foram feitas 10 repetições.
- D) **Volume específico:** O volume específico foi determinado pelo método descrito por EL-DASH et al. (1982) pelo deslocamento de sementes de painço e o volume específico foi calculado pela relação entre o volume dos *chips* e o seu peso (cm³/g).

Foram utilizadas as médias dos pesos e volumes de 10 unidades de *chips* frito a temperatura ambiente de cada formulação.

- E) Cor:** A cor dos *chips* após a fritura foi determinada de acordo com item 4.2.2.1.
- F) Absorção de água pela massa:** A porcentagem de água absorvida pela massa foi determinada em relação à soma das massas de mandioca crua e cozida em pó utilizada nas formulações de 1 a 17.

4.2.2.4 Análise sensorial II

Nesta etapa foi realizada a Análise Sensorial II onde dentre das 17 formulações, as que apresentaram diferenças significativas nas respostas e/ou apresentaram as melhores características sensoriais foram submetidas à análise sensorial de aceitação.

Três amostras foram escolhidas, os testes P5, P8 e P17 foram submetidos à avaliação sensorial por um grupo de 60 consumidores de batata frita tipo *chips* e de mandioca frita de modo tradicional, sem restrição quanto à idade, classe social ou sexo, sendo o teste conduzido no laboratório de análise sensorial do ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) em Campinas.

As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade global e em particular aparência, cor, aroma, crocância na boca, som, dureza, sensação na boca, sabor de mandioca, sabor e sabor salgado por meio de escalas hedônicas de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo), também foram avaliadas por meio de escalas do ideal de 7 pontos quanto à intensidade da cor, à intensidade do sabor de mandioca e do teor de sal (7 = muito mais intenso do que eu gosto, 4 = do jeito que eu gosto e 1 = muito menos intenso do que eu gosto) e por meio da escala de 5 pontos quanto à intenção de compra (5 = certamente compraria, 3 = talvez compraria/ talvez não compraria e 1 = certamente não compraria). No final, foi solicitado aos consumidores que ordenassem as amostras quanto à preferência da mais preferida a menos preferida.

O modelo de ficha sensorial utilizado está apresentado a seguir:

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CHIPS DE MANDIOCA

Muito obrigado por participar deste teste. Sua colaboração é muito importante para nós!

Você receberá 3 amostras de CHIPS DE MANDIOCA, uma de cada vez.
Por favor, use água para limpar o palato entre as amostras.

AMOSTRA _____

Indique o quanto você gostou da APARÊNCIA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou da COR:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique como você classifica a INTENSIDADE DA COR:

() MUITO MAIS CLARO do que eu gosto	() MAIS CLARO do que eu gosto	() POUCO MAIS CLARO do que eu gosto	() A COR é do jeito que eu gosto	() POUCO MAIS ESCURO do que eu gosto	() MAIS ESCURO do que eu gosto	() MUITO MAIS ESCURO do que eu gosto
---	--	---	--	---	---	--

Indique o quanto você gostou da AROMA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou da CROCRÂNCIA NA BOCA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou do SOM QUE O CHIPS FAZ QUANDO QUEBRA NA BOCA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou da DUREZA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou da SENSAÇÃO NA BOCA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique o quanto você gostou da SABOR SALGADO:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique como você classifica o SABOR SALGADO:

() MUITO MENOS INTENSO do que eu gosto	() MENOS INTENSO do que eu gosto	() POUCO MENOS INTENSO do que eu gosto	() O SABOR SALGADO é do jeito que eu gosto	() POUCO MAIS INTENSO do que eu gosto	() MAIS INTENSO do que eu gosto	() MUITO MAIS INTENSO do que eu gosto
---	--	---	---	---	--	---

Indique o quanto você gostou deste produto DE MODO GLOBAL:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Se este produto estivesse à venda, você compraria este produto?

()	()	()	()	()
Certamente compraria	Possivelmente compraria	Talvez compraria, talvez não compraria	Possivelmente não compraria	Certamente não compraria

Indique o quanto você gostou da SABOR DE MANDIOCA:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

Indique como você classifica o SABOR DE MANDIOCA:

() MUITO MENOS INTENSO do que eu gosto	() MENOS INTENSO do que eu gosto	() POUCO MENOS INTENSO do que eu gosto	() O SABOR DE MANDIOCA é do jeito que eu gosto	() POUCO MAIS INTENSO do que eu gosto	() MAIS INTENSO do que eu gosto	() MUITO MAIS INTENSO do que eu gosto
---	--	---	--	---	--	---

Indique o quanto você gostou da SABOR:

Gostei muito ()	Gostei muito ()	Gostei ()	Gostei pouco ()	Não gostei nem desgostei ()	Desgostei pouco ()	Desgostei ()	Desgostei muito ()	Desgostei muito ()
------------------------	------------------------	---------------	------------------------	---------------------------------------	---------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------

As amostras foram apresentadas de forma monádica seqüencial, com códigos de três números aleatórios e segundo um delineamento de blocos completos balanceados, sendo servidas em guardanapos de papel, disponibilizando-se água mineral para uso entre as amostras. O teste foi conduzido em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes com a coleta e a análise dos dados realizados por meio do sistema computadorizado *Compusense Five versão 4.8* para avaliação sensorial. Os dados relativos à escala hedônica, à escala do ideal e à intenção de compra foram submetidos foram analisados por análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias e para o teste de ordenação teste de Fisher e Friedman (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006).

4.2.3 Estudo da vida de prateleira

Para o estudo de vida de prateleira foi utilizada a formulação de mandioca *chips* que obteve a melhor aceitação na análise sensorial II, neste caso foi empregada a formulação P5 (100% de mandioca cozida em pó, 6% de mandioca crua em pó, 3% de sal, 3% de gordura de palma e 105% de água). Três lotes de mandioca *chips* desta formulação foram produzidos em oito bateladas. Cada batelada foi produzida para obter amostras com 0, 29, 42, 56, 84, 98, 119, 133 dias para serem analisadas no mesmo período, sendo que, a última batelada corresponde ao tempo inicial (0 dias) e a primeira batelada produzida corresponde ao máximo de tempo estudado (133 dias). As amostras foram armazenadas em estufa e a temperatura de armazenamento foi medida a cada 1 h em com o uso de um Termolog fabricado pelo LAFAC (Laboratório de Análises Físicas Aplicadas – FZEA – USP), que mede a temperatura hora a hora e armazena os dados em um *chip* eletrônico. A temperatura de armazenamento média foi de $25,51 \pm 1,38^{\circ}\text{C}$. Foram retirados dois saquinhos com 50g de mandioca *chips*, um de cada lote, para a determinação da caracterização da embalagem, porcentagem de umidade e de lipídeos, Aa, textura, som de quebra dos *chips*, estabilidade oxidativa, análises microbiológicas e para análise sensorial foram utilizados 10 saquinhos.

4.2.3.1 Caracterização da embalagem

Os pacotes foram montados com filme multicamadas de polietileno de alta densidade/alumínio/polipropileno monoorientado (PEAD/Al/PPMO) de 0,058 mm de espessura, selado em seladora com fita térmica nas dimensões 140 x 110 mm. A determinação do volume de ar dentro da embalagem foi realizada de acordo com SARANTÓPOULOS (2002).

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) do filme foi determinada de acordo com a ASTM E 96-95 (ASTM, 1995). Foram cortados 3 círculos de filme com 7,5 cm de diâmetro,

tendo a espessura do filme de 0,058 mm, estes foram selados com parafina sobre 3 placas metálicas contendo sílica gel azul seca. A placa foi pesada e colocada em dessecador com solução saturada de NaCl (75% de Umidade Relativa). Após o fechamento do dessecador com vácuo o conjunto foi colocado em estufa BOD a 25°C. As placas foram pesadas a cada 24 h por 7 dias. A determinação da PVA foi feita a partir da Equação 11:

$$\text{PVA (g/hm}^2\text{Kpa)} = \text{permeância} \times \text{espessura} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

$$\text{Permeância} = W/S \cdot (R1-R2)$$

$$W = Gt/\text{área}$$

Gt = taxa de transferência de vapor d'água (g/h)

área = do filme (m²)

S = pressão (Kpa)

R1-R2 = Umidade relativa no dessecador - umidade relativa da sílica

4.2.3.2 Determinação da umidade

A porcentagem de umidade foi determinada nos *chips* após a fritura através da metodologia descrita no item 4.2.1.3.

4.2.3.3 Determinação da atividade de água (Aa)

A atividade de água foi determinada de acordo com o item 4.2.1.5.

4.2.3.4 Textura

A textura dos *chips* foi determinada de acordo com o item 4.2.2.3 (C)

4.2.3.5 Estabilidade oxidativa

O estado de oxidação dos *chips* foi avaliado pela determinação de índice de acidez, índice de peróxidos, dienos conjugados e TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbiturico) através dos seguintes métodos:

A) Índice de acidez

A determinação do índice de acidez foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo método Cd 8-53 AOCS (1990). O índice de acidez é definido como o número de mg de hidróxido de sódio necessário para neutralizar um grama da amostra. As amostras foram homogeneizadas e pesaram-se 2 g de cada amostra em frasco erlenmeyer de 125 mL,. Adicionou-se 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra e duas gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 M ou 0,01 M até o

aparecimento da coloração rósea por 30 segundos. O índice de acidez foi calculado pela Equação 12:

$$\text{Índice de acidez} = v \times f \times 5,61 / P \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

v = volume em mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio

P = massa em g da amostra

B) Determinação do índice de peróxido

A determinação de Índice de Peróxido (IP) foi feita pela adaptação do método de Shanta e Decker (1994) onde é utilizado o lipídeo proveniente da extração dos *chips* pelo método de Bligh e Dyer (item 4.2.1.3), usando o extrato de clorofórmio para a determinação de IP. Para a determinação do IP foi feita uma solução de Ferro (II) preparada com as soluções apresentadas abaixo:

- Sol. Ferro II – Estoque ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,0357 M, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,0327 M, Ácido Clorídrico 10 M): 500 μL
- Sol. Clorofórmio/metanol (7:3): 49 mL
- Sol. tiocianato de amônio 3,94 M: 500 μL

Uma curva padrão foi preparada com a concentração final de 20 μg de Fe/ mL com a qual se construiu a curva padrão. Para a determinação do IP das amostras transferiu-se 1 mL do extrato de clorofórmio com o lipídeo, para um tubo de ensaio com tampa e adicionado 1 mL da solução de Ferro (II) e homogeneizou-se. Um tubo branco foi feito substituindo a amostra por 1 mL da solução Clorofórmio/metanol 7:3. Após 5 minutos a absorbância foi medida a 500 nm zerando o espectrofotômetro com o branco. As amostras, as soluções e a reação foram mantidas sempre em banho de gelo. Os cálculos foram feitos de acordo com a Equação 13:

$$\text{PV} = \text{Abs} / 55,84 \times m \times m_o \times 2 \quad (\text{Equação 13})$$

PV = Valor de Peróxido mEq. de peróxido/kg de *chips*)

Abs = absorbância da amostra

m = *Slope* obtido após calibração da curva

mo = massa em gramas da amostra

55,84 = peso atômico do Fe

2 = fator para converter miliequivalente de Fe para miliequivalente de peróxido.

C) Determinação de dienos e trienos conjugados

A presença de dienos e trienos conjugados é medida pela extinção específica por absorção na região do ultravioleta em 232 e 270 nm, respectivamente. Estes compostos são formados por oxidação e/ou refino do óleo e estas absorções são expressas como extinções específicas (a absorbância de uma solução a 1% do óleo no solvente especificado, numa espessura de 1 cm), convencionalmente indicadas por K.

A amostra deverá estar perfeitamente homogênea e livre de impurezas e a determinação de dienos e trienos foram feitas de acordo com o método Ch 5-91 AOCS (1990). Foi pipetado aproximadamente 100 µL do extrato de clorofórmio contendo o lipídeo em um tubo tipo ependorf de 2 mL e o peso anotado. O solvente foi evaporado com o uso do gás N₂, após a evaporação foram adicionados 1000 µL de ciclohexano e homogeneizou-se. A solução resultante deve ser perfeitamente límpida. Quando ocorreu opalescência ou turbidez, filtrou-se rapidamente através de papel de filtro. A absorbância foi medida a 232 e 270 nm, usando o mesmo solvente como referência, em espectrofotômetro previamente calibrado. Os valores de absorbância obtidos devem estar compreendidos na faixa de 0,1 a 0,5 e o cálculo da porcentagem de dienos e trienos segue a Equação 14:

$$K = A / c \times l \quad \text{(Equação 14)}$$

K = extinção específica no comprimento de onda λ

A = absorbância medida no comprimento de onda λ

c = concentração da solução em g/100 mL

l = caminho óptico da cubeta em cm

D) Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram determinadas pelo método Vynche (1970) modificado por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992). Foram pesadas 5 g de amostra de *chips* triturados em um tubo de Falcon com capacidade de 50 mL e adicionou-se 24,5 mL de ácido triclorocético a 7,5% contendo EDTA 0,1% e 500µl de Butylated Hydroxytolueno (BHT) 1%,. Homogeneizou-se por 1 minuto no vortex e filtrou-se em papel de filtro Whatman n°.1. Do filtrado 1 mL foi transferido para um tubo de Falcon de 15 mL. A este tubo foi adicionado de 250 µl de TCA 7,5% e 1,25 mL de Ácido tiobarbitúrico

(TBA) 80 mM e foi homogenizado em vortex. O branco foi feito em um tubo com 1,25 mL de TCA 7,5% e 1,25 mL de TBA 80 mM. Os tubos foram levados ao banho-maria em ebulição por 5 minutos e resfriados em gelo por 5 min. O espectrofotômetro foi zerado com o branco, a absorbância foi lida a 538 nm e foi calculado o MDA (malondialdeído) pela Equação 15:

$$\text{mol de MDA/g de chips} = (A_{538} \times 1 \text{ cm} \times V_e) / (K \times \text{cm}^{-1} \times V_a) \quad (\text{Equação 15})$$

onde: A_{538} = Absorbância lida a 538

V_e = Volume do ensaio (mL)

V_a = Volume da amostra (mL)

K = Coeficiente de extinção molar do MDA $-1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1}$

4.2.3.6 Som da quebra dos chips

A análise do som foi feita pela análise das frequências do som da quebra dos *chips* captadas através do equipamento desenvolvido pelo Laboratório de Análises Físicas Aplicadas (LAFAC) – FZEA – USP (Figura 26) e analisadas usando a transformada rápida de Fourier utilizando o método de Welch implementado no programa Matlab®, para obter o espectrograma dos sinais pela relação entre densidade espectral e frequência (Hz) (MARUYAMA et al 2008)

Figura 26 – Sistema de quebra e captação do som dos *chips*.

4.2.3.7 Análises microbiológicas

As amostras de *chips* de diferentes tempos de armazenamento foram submetidas à análise microbiológica de coliformes a 45 °C, estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp de acordo com o determinado pela RDC 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2009).

Amostras de 25g foram colocadas em sacos de amostragem estéreis e adicionadas de 225 mL de Água Peptonada Tamponada (APT) estéril e a seguir homogeneizada. A partir desta diluição, considerada 10^{-1} , foram realizadas diluições decimais seriadas em 9 mL de APT, até 10^{-3} , nas quais foi analisada a presença dos micro-organismos alvos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007). A partir das diluições seriadas as análises microbiológicas serão conduzidas de acordo com a metodologia a seguir:

Para a quantificação de *Salmonella* sp foi utilizada uma das mais recentes tecnologias na detecção de micro-organismos patogênicos, o sistema BAX® System da Dupont/Qualicon, baseado na automação das análises de alimentos por Reação de Polimerase em Cadeia (PCR). Este sistema de análise permite a detecção rápida e sensível, eliminando várias etapas de sub-culturas. Como é baseado na análise de DNA pode ser considerado definitivo, não sendo necessário recorrer a provas bioquímicas ou imunológicas, o que não acontece com a maioria dos outros métodos. Ele é capaz de amplificar uma sequência de DNA não encontrada em outros gêneros de bactérias. Uma única cópia do DNA alvo pode ser ampliada em torno de 10^7 vezes em 2 a 3 horas (BAILEY, 1998).

Os resultados foram qualitativos (presença/ausência) e os procedimentos realizados de acordo com orientações do fabricante. A metodologia encontra-se descrita em Kushida (2005). Foi feito um pré-enriquecimento para as amostras de chocolate em caldo Lactosado, com incubação por 24 horas a 35°C.

Para a quantificação de *Staphylococcus aureus* foi utilizado o método de inoculação em placas com meio Petrifilm® STX – *Staph Express Count System*, para *Staphylococcus* (3M) de acordo com o método oficial AOAC nº 981.15, com procedimentos realizados de acordo com a recomendação do fabricante. O volume de 1 mL de cada diluição selecionada foi adicionada no centro de uma placa de Petrifilm® STX (3M) e incubada a 35°C ± 2°C por 24 horas. Foram contadas separadamente as colônias vermelho-violeta características. A soma das colônias características será multiplicada pela recíproca da diluição utilizada, e o resultado expresso como UFC/g de *Staphylococcus aureus* (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007).

A quantificação de coliformes a 45°C foi realizada de acordo com o método de inoculação em placas com meio Petrifilm® Placa 3M™ para Contagem de Coliformes CC 6410, com procedimentos realizados de acordo com a recomendação do fabricante. O

volume de 1 mL de cada diluição selecionada foi adicionado no centro da placa e incubado a 45°C por 24h. A presença de coliformes é confirmada pela presença de colônias vermelhas associados às bolhas de gás. A soma das colônias características será multiplicada pela recíproca da diluição utilizada, e o resultado expresso como UFC/g (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007).

4.2.3.8 Análise sensorial III

4.2.3.8.1 Teste de aceitabilidade

Com a finalidade de estabelecer a vida de prateleira do produto foram preparadas oito amostras de mandioca *chips* com 0, 29, 42, 56, 84, 98, 119, 133 dias de armazenamento. Estas amostras foram submetidas à avaliação sensorial no ITAL por um grupo de 54 consumidores de batata frita tipo *chips* e de mandioca frita de modo tradicional, sem restrição quanto à idade, classe social ou sexo. As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade global e em particular do aroma, dureza, crocância na boca, som e sabor por meio de escalas hedônicas de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo) e também foram avaliadas por meio da escala de 5 pontos quanto à intenção de compra (5 = certamente compraria, 3 = talvez compraria/ talvez não compraria e 1=certamente não compraria). As amostras foram apresentadas de forma monádica seqüencial, com códigos de três números aleatórios e segundo um delineamento de blocos completos balanceados, sendo servidas em guardanapos de papel, disponibilizando-se água mineral para uso entre as amostras. O teste foi conduzido em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes com a coleta e a análise dos dados, realizadas por meio do sistema computadorizado *Compusense Five versão 4.8* para avaliação sensorial, sendo os dados relativos à escala hedônica, à escala do ideal e à intenção de compra foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias.

Com mais rigor, para determinar quando a amostra é significativamente menos aceita, ou seja, o fim da vida de prateleira, foi utilizado também a metodologia de ponto de corte que define a aceitabilidade mínima tolerável de amostras armazenadas pela equação 16:

$$S = F - Z_{\alpha} \sqrt{\frac{2 \cdot \text{MSE}}{n}} \quad (\text{Equação 16})$$

onde:

S = aceitabilidade mínima tolerável da amostra armazenada,

F = aceitabilidade da amostra recém produzida,

Z α = coordenada unicaudal de curva normal para nível α de significância,

MSE = quadrado médio do erro derivado da análise de variância dos dados do consumidor,
 n = número de consumidores (HOUGH et al., 2002).

4.2.3.8.2 Teste de comparação com o padrão

As oito amostras foram avaliadas sensorialmente em relação ao Padrão (0 dias) quanto ao produto se inferior ou superior comparado ao padrão, presença de sabor de ranço, grau de crocância e qualidade global percebida por uma equipe de 20 julgadores selecionados quanto à acuidade sensorial, utilizando-se as seguintes escalas:

1 = Extremamente inferior ao padrão	
2 = Muito inferior ao padrão	
3 = Moderadamente inferior ao padrão	
4 = Um pouco inferior ao padrão	
5 = Igual ao padrão	
6 = Um pouco superior que o padrão	
7 = Moderadamente superior que o padrão	
8 = Muito superior que o padrão	
9 = Extremamente superior que o padrão	

1 = Superior ao P em sabor	1 = mais crocante que o P
2 = Igual ao P em sabor	2 = igual ao P em crocância
3 = Inferior ao P com nenhum sabor de ranço	3 = pouquíssimo menos crocante que o P
4 = Inferior ao P com muito fraco sabor de ranço	4 = um pouco menos crocante que o P
5 = Inferior ao P com fraco sabor de ranço	5 = moderadamente menos crocante que o P
6 = Inferior ao P com sabor moderado de ranço	6 = muito menos crocante que o P
7 = Inferior ao P com sabor forte de ranço	7 = muitíssimo menos crocante que o P
8 = Inferior ao P com sabor muito forte de ranço	

Escala de Qualidade Global										
<div>012345678910</div>										
Péssimo	Muito ruim		Ruim		Regular		Bom		Muito bom	Excelente

Para avaliar o sabor, cada julgador recebeu, além do padrão identificado como tal, oito amostras codificadas com números aleatórios de três dígitos, sendo o padrão também apresentado codificado entre as amostras. A apresentação das amostras seguiu um

delineamento de blocos completos casualizados. Os testes foram conduzidos em cabines individuais equipadas com o programa *Compusense Five versão 4.8* e com iluminação vermelha para mascarar eventuais diferenças visuais entre as amostras, as quais foram apresentadas sobre guardanapos. Os resultados das avaliações dos julgadores foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de *Dunnnett*, indicado para comparar amostras com um padrão (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006; FARIA, 2002).

4.2.4 Caracterização da mandioca *chips*

- A) Composição:** Os *chips* foram submetidos à determinação de umidade, lipídeos, cinzas, carboidratos totais, amido, fibras e sódio de acordo com a metodologia descrita no item 4.2.1.
- B) Estrutura:** Para caracterização da estrutura dos *chips* foi feita a microscopia eletrônica de varredura de acordo com o descrito em 4.2.2.1.
- C) Curva de sorção:** Foi determinada também a curva de sorção dos *chips* de acordo com a metodologia descrita por SOBRAL e BITANTE, (2001). Amostras em triplicata de 3g de *chips* foram colocadas em 3 pesa filtros, secos previamente e a massa anotada. As amostras foram colocadas em dessecadores contendo soluções saturadas de diferentes sais previamente mantidos por 3 dias em BOD a 25°C para atingir as seguintes umidades relativas de equilíbrio (URE %): NaOH (8,2%), MgCl₂ (32,8%), NaBr (57,5%), NaCO₃ (64,5%), NaCl (75,0%), KCl (84,3%), BaCl₂ (90,3%).

Após colocar as amostras nos dessecadores foram deixados por três semanas em BOD a 25°C para entrarem em equilíbrio e pesadas. As amostras foram secas em estufa a 105°C por 24h. A curva de sorção foi feita utilizando a Equação 17 do modelo de GAB:

$$Y = ((C_{Gab} \cdot 1 \cdot KG_{ab} \cdot Aa) / ((1 - KG_{ab} \cdot Aa) \cdot (1 + (C_{GAB} - 1) \cdot KG_{ab} \cdot Aa))) \cdot X_m \quad (\text{Equação 17})$$

Onde:

C_{Gab} = constante associada a entalpia de sorção da monocamada

KG_{ab} = constante associada a entalpia de sorção da multicamada

Aa = Atividade de água

X_m = umidade na monocamada

- D) Volume específico:** Foi determinado o volume específico da mandioca *chips* de acordo com o método descrito no item 4.2.2.3.

4.2.5 Análise estatística

Para a análise estatística dos resultados foi utilizado o *Software* Statistica versão 7 para a análise de variância (ANOVA), teste de médias de Tukey ($P \leq 0,05$), para análise do planejamento experimental, construção das superfícies de respostas e da curva de sorção.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRIMEIRA ETAPA: Obtenção da mandioca cozida em pó, pré-testes de formulação e processamento da mandioca *chips*

5.1.1 Obtenção da mandioca cozida em pó

A mandioca cozida em pó foi obtida a partir do processamento de raízes de mandioca da variedade Manteiga. No fluxograma da Figura 27 estão apresentadas as principais etapas e os rendimentos obtidos na produção de mandioca cozida em pó.

Figura 27 – Rendimento do processamento da mandioca cozida em pó.

Durante o processo de cocção a vapor determinou-se o tempo de cozimento das rodela de mandioca através da perfuração da mandioca cozida com um garfo, até que esta não houvesse resistência à perfuração, porém sem rachar as rodela. Além do tempo de cozimento foi determinada a absorção ou perda de umidade durante a cocção de bateladas

de 1kg de rodela de mandioca. A tampa da panela a vapor foi mantida fechada, havendo a perda de 2,5% de água após 26 minutos de cozimento, tempo este suficiente para cozinhar a mandioca. Comparando estes resultados com o estudo realizado por Berbari (2001) que estudou a cocção da mandioca IAC576-70, cortada em pedaços de 10 cm de comprimento, em água em ebulição, este autor observou um aumento de 19,4% da massa após 27 minutos de cocção, concluindo que a absorção de água foi devida a gelatinização do amido.

No estudo de Rodriguez-Sandoval et al. (2008), porém, observou-se um aumento de 5 a 8% de umidade nas amostras de mandioca cortada a 10 cm de comprimento, cozidas em água em ebulição, enquanto que em amostras cozidas a vapor absorveram apenas 1 a 3% de umidade. O método de cocção a vapor utilizado neste trabalho foi bastante eficiente reduzindo a quantidade de água que seria necessária evaporar no processo de secagem. A Figura 28 apresenta a curva de secagem, nela é possível observar a umidade inicial de 57,28% e após 6h de secagem a umidade atingiu valores próximos a 5%. Após 7h de secagem a velocidade da perda de umidade diminui mantendo-se praticamente constante a 4%.

Figura 28 – Curva de secagem da mandioca Manteiga cozida e laminada.

Resultado expresso como média e desvio padrão de ensaio em triplicata.

Após a secagem, as amostras de mandioca cozida passaram pela trituração em moinho de martelo e posteriormente por um multiprocessador industrial, sendo submetidas ao peneiramento para determinação da granulometria média. Observou-se que 25% da mandioca cozida em pó ficaram retidas na peneira de 0,5 mm (Mesh 32) e 75% passou pela

peneira, sendo esta a granulometria predominante, a qual foi utilizada para os pré-testes de processamento.

5.1.1.1 Composição da mandioca Manteiga *in natura* e da mandioca cozida em pó

A composição das raízes sem as cascas e entrecasca da mandioca *in natura* e da mandioca cozida em pó da variedade Manteiga está apresentada na Tabela 8. Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os resultados do estudo realizado por Ceni et al., (2009) em relação à composição de mandiocas das variedades BRS gema de ovo, BRS Rosada, BRS Dourada e Saracura (Tabela 1), observou-se que a umidade, os teores de cinzas e de lipídeos apresentaram maiores valores que a variedade Manteiga, porém em relação aos carboidratos a variedade Manteiga foi superior a Rosada e a Dourada. Berbari (2001) estudou a composição da variedade IAC576-70 e encontrou 59,0% umidade, 0,6% de cinzas, 0,3% de lipídeos e 1,9% de proteínas. Os valores de cinzas, umidade e lipídeos foram muito próximos aos encontrados na variedade Manteiga, porém para o teor de proteína a variedade IAC576-70 apresentou valores maiores. As diferenças na composição dependem da idade de colheita, características do solo e condições climáticas (FUKUDA, 2003).

Tabela 8 - Composição da mandioca Manteiga *in natura* e cozida em pó.

COMPOSIÇÃO (%)	MANDIOCA <i>IN NATURA</i>	MANDIOCA COZIDA EM PÓ
Umidade	58,75 ± 0,77	7,70 ± 0,05
Lipídeos	0,65 ± 0,01	0,76 ± 0,10
Proteínas	0,58 ± 0,15	1,30 ± 0,38
Cinzas	0,34 ± 0,15	1,46 ± 0,05
Carboidratos Totais	39,67 ± 0,30	88,78 ± 0,14
Fibras	0,42 ± 0,14	0,86 ± 0,12
Sódio	ND	0,00047 ± 0,00

*Média e desvio padrão de ensaios realizados em triplicata.

ND – Não determinado

5.1.2 Pré-testes de formulação e de processamento da mandioca *chips*

Os pré-testes de formulação foram produzidos considerando como 100% a massa da mandioca Manteiga cozida em pó e os demais ingredientes foram calculados em relação a esse valor. Com o objetivo de determinar a quantidade mínima de óleo necessária para melhorar a abertura da massa para produzir a mandioca *chips*, foi formulada uma massa contendo 1% de sal, 80% de água e diferentes quantidades de óleo de soja (1,5%, 3% e 6%). A massa elaborada com 1,5% de óleo não proporcionou boa abertura mas, a massa elaborada com 3% de óleo permitiu boa lubrificação e abertura da mesma, porém com 6% de óleo a massa apresentou gosto residual de óleo. Optando-se assim pelo uso de 3% de óleo na composição da massa. Esta formulação foi denominada de *chips1* e foi utilizada para os testes de fritura com diferentes tipos de óleo.

As espessuras maiores de 1,17 mm associadas às temperaturas de 170°C e 180°C, promoveram a formação de bolhas grandes (Figura 29) que mudaram a aparência dos *chips*, dificultando o processo de fritura, a evaporação da água e aumentaram a absorção de lipídeos.

Figura 29 - Defeitos apresentados na mandioca *chips*.

As condições de fritura para os demais testes foram: temperatura de 160°C e o tempo de fritura de 1,5 minutos por apresentarem as melhores características de cor, crocância e não apresentarem defeitos como por exemplo formação de bolhas na superfície dos *chips*.

5.1.2.1 Fritura em diferentes óleos vegetais

Os *chips* com melhor cor e crocância foram os obtidos pela fritura a 160°C por 1,5 min nos seguintes óleos: canola, girassol, milho e soja. Não houve diferença significativa entre a umidade, a absorção de lipídeos e a textura dos *chips* elaborados e fritos em diferentes óleos (Tabela 9). Os *chips* não apresentaram diferença significativa na textura quando fritos nos diferentes óleos, apresentando fracturabilidade média de $315,33 \pm 78,042$ gf, resultado expresso como média e desvio padrão de testes com 10 repetições. Observou-se também a aparência gordurosa dos *chips*, independente da fonte de óleo utilizado na fritura (Figura 30).

Tabela 9 – Absorção de lipídeos e umidade dos *chips* após a fritura.

ÓLEOS	ABSORÇÃO DE LIPÍDEOS (%)	UMIDADE (%)
Canola	$44,04 \pm 0,04^a$	$1,06 \pm 0,27^a$
Girassol	$44,03 \pm 0,03^a$	$1,07 \pm 0,24^a$
Milho	$43,98 \pm 0,04^a$	$1,12 \pm 0,19^a$
Soja	$44,08 \pm 0,03^a$	$1,02 \pm 0,19^a$

*Médias e desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa a $P \leq 0,05$.

Figura 30 – Aparência geral dos *chips* fritos em diferentes óleos.

Em relação à absorção de lipídeos em alimentos fritos, Kita, Lizin'ska e Golubowska (2007) encontraram diferentes absorções de óleo e diferentes texturas em *crispies* de batata

fritos em diferentes óleos e gorduras, observando que as diferentes absorções de óleo dependeram da quantidade de ácido oléico, ao contrário do que foi observado no presente estudo para a mandioca *chips* submetida à fritura nos óleos de canola, milho, girassol e soja em que a absorção de óleo não foi dependente das características do óleo.

5.1.2.2 Caracterização da formulação mandioca *chips* 1

Para fritura dos *chips*, optou-se pelo uso de óleo de soja uma vez que não houve diferença significativa entre a absorção de óleo, umidade e textura ao usar diferentes óleos vegetais. A composição final apresentada pelos *chips* está apresentada na Tabela 10 a qual foi utilizada para o teste de consumidor na análise sensorial I.

Tabela 10 – Composição da mandioca *chips*1

COMPOSIÇÃO (%)	MANDIOCA CHIPS1
Umidade	1,21 ± 0,59
Lipídeos	44,67 ± 3,11
Proteínas	1,33 ± 0,48
Cinzas	1,39 ± 0,05
Carboidratos	51,40 ± 0,95
Fibras	0,9 ± 0,11
Sódio	0,18 ± 0,01

*Média e desvio padrão de ensaios em triplicata.

ND – Não determinado

5.1.3 Análise sensorial I

Os resultados da análise sensorial I referem-se ao teste de consumidor realizado com as amostras de mandioca *chips*, formulação *chips*1, que foi conduzida com um grupo de 50 consumidores de batata frita tipo *chips* e de mandioca frita de modo tradicional. Participaram do teste 30% de homens e 70% de mulheres, sendo 56% de 21 a 30 anos, 20% de 31 a 40 anos e 18% de 18 a 20 anos. Em relação á classe social os consumidores enquadraram-se 68% na classe B, 24% na classe A e 8% na classe C.

A frequência de consumo de batata tipo *chips*, da mandioca frita e dos sabores e marcas de batata *chips* mais consumidas estão apresentados na Figura 31.

Figura 31 - Frequência de consumo de batata tipo *chips* (a), frequência de consumo de mandioca frita (b), sabores de batata *chips* mais consumidos (c), citações das marcas de batatas fritas citadas (d).

5.1.3.1 Teste de aceitabilidade

Os resultados obtidos nos testes de aceitabilidade da mandioca *chips* e da batata *chips* são apresentados na Tabela 11. Para a obtenção destes resultados foi usada a escala hedônica de 9 pontos para a aceitabilidade global, aparência, odor e sabor, assim como a escala do ideal de 5 pontos, quanto ao teor de sal, crocância e consistência na boca. Na Tabela 12 estão apresentadas as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição associadas às amostras. As porcentagens de mais intenso que o desejado, ideal, menos intenso que o desejado foram determinadas por meio da escala do ideal.

Tabela 11 - Aceitabilidade da mandioca *chips* e da batata *chips*

	Amostras	
	Mandioca	Batata
Aceitabilidade		
Global	5,1 ± 1,9 ^b	7,7 ± 1,2 ^a
Aparência	5,8 ± 2,0 ^b	7,6 ± 1,3 ^a
Odor	5,5 ± 1,8 ^b	6,5 ± 2,3 ^a
Sabor	4,5 ± 2,0 ^b	7,8 ± 1,1 ^a
Ideal		
Teor de sal	1,8 ± 0,8 ^b	3,2 ± 0,5 ^a
Crocância	1,9 ± 0,9 ^b	3,0 ± 0,4 ^a
Consistência na boca	2,4 ± 0,9 ^b	2,9 ± 0,2 ^a

*Em cada linha, média dos valores seguidos de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Observa-se na Tabela 11 que as amostras de batata e mandioca frita tipo *chips* diferiram significativamente entre si ao nível de 5% em relação a todos os aspectos avaliados por meio da escala hedônica e das escalas do ideal. Em relação:

- Aceitabilidade global. A amostra de mandioca obteve média correspondente a “não gostei, nem desgostei” e a amostra de batata entre “gostei” e “gostei moderadamente”;
- Aparência. A amostra de mandioca obteve média próxima a “gostei pouco” e a amostra de batata entre “gostei” e “gostei muito”; Odor: a amostra de mandioca obteve média entre “não gostei, nem desgostei” e “gostei pouco” e a amostra de batata entre “gostei pouco” e “gostei”;

Tabela 12 - Aceitação, indiferença e rejeição quanto à aceitabilidade da mandioca chips e batata chips.

			Amostras	
Escala			Mandioca	Batata
Hedônica	Global	Aceitação	58,0%	98,0%
		Indiferença	2,0%	0,0%
		Rejeição	40,0%	2,0%
	Aparência	Aceitação	62,0%	94,0%
		Indiferença	6,0%	0,0%
		Rejeição	32,0%	6,0%
	Odor	Aceitação	56,0%	74,0%
		Indiferença	10,0%	4,0%
		Rejeição	34,0%	22,0%
	Sabor	Aceitação	34,0%	98,0%
		Indiferença	10,0%	0,0%
		Rejeição	56,0%	2,0%
Ideal	Teor de sal	Mais intenso	0,0%	16,0%
		Ideal	20,0%	80,0%
		Menos intenso	80,0%	4,0%
	Crocância	Mais intenso	2,0%	2,0%
		Ideal	30,0%	92,0%
		Menos intenso	68,0%	6,0%
	Consistência na boca	Mais intenso	8,0%	0,0%
		Ideal	36,0%	94,0%
		Menos intenso	56,0%	6,0%

- Sabor. A amostra de mandioca obteve média entre “desgostei pouco” e “não gostei, nem desgostei” e a amostra de batata próxima a “gostei moderadamente”;
- Sal. A amostra de mandioca obteve média próxima a “um pouco menos salgada do que eu gosto” e a amostra de batata próxima a “do jeito que eu gosto”;
- Crocância. A amostra de mandioca obteve média correspondente a “um pouco menos crocante do que eu gosto” e a amostra de batata a “do jeito que eu gosto”.

- Consistência na boca. A amostra de mandioca obteve média entre “um pouco menos firme do que eu gosto” e “do jeito que eu gosto” e a amostra de batata correspondente a “do jeito que eu gosto”.

Na Tabela 12 observa-se que a amostra de batata obteve melhor desempenho do que a amostra de mandioca. Em relação aos atributos de aceitação global, aparência, odor e sabor a batata apresentou valores maiores de 74,0% e quanto a escala de ideal para os aspectos teor de sal, crocância e consistência na boca a batata atingiu valores maiores que 80,0% no ponto ideal. A amostra de mandioca obteve índices de aceitação maiores que 50% para os atributos de modo global, aparência e odor, no entanto o índice de rejeição dos mesmos foi maior que 30%, e o sabor apresentou índice de rejeição de 56,0%.

Quanto aos aspectos teor de sal, crocância e consistência na boca, a amostra de mandioca obteve altas porcentagens de notas abaixo do ideal, mais que 50% das citações. As Figuras 32 a 38 ilustram os resultados obtidos na avaliação da distribuição em frequência dos valores de aceitabilidade de modo global e em particular da aparência, do odor, do sabor, do teor de sal ideal, da crocância ideal e da consistência na boca ideal.

Figura 32 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade de modo global.

Figura 33 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade da aparência.

Figura 34 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade do odor.

Figura 35 - Distribuição em frequência dos valores da escala atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à aceitabilidade do sabor.

Figura 36 - Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto ao teor de sal ideal.

Figura 37- Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à crocância ideal.

Figura 38 - Distribuição em frequência dos valores da escala de ideal atribuídos pelos consumidores às amostras quanto à consistência na boca ideal.

Em relação à intenção de compra observa-se na Tabela 13 o valor de 56% da intenção de compra para a amostra de mandioca *chips*, o que é negativa (possivelmente não compraria e certamente não compraria) e que 78% para a amostra de batata *chips* é positiva (possivelmente compraria e certamente compraria).

Tabela 13 - Porcentagens de intenção de compra para as amostras de mandioca e batata *chips*.

		Amostras	
Escala		Mandioca	Batata
Intenção de compra	Certamente compraria	6,0%	54,0%
	Possivelmente compraria	8,0%	24,0%
	Talvez comprasse, talvez não	30,0%	12,0%
	Possivelmente não compraria	30,0%	4,0%
	Certamente não compraria	26,0%	6,0%

Na Tabela 14, são apresentadas as respostas dos consumidores às três afirmativas quanto aos hábitos de consumo das amostras avaliadas. Observou-se que 56% concordaram com a afirmativa “Mandioca frita tipo *chips* é muito bom a qualquer hora”, 76% concordaram com a frase “Batatinha frita tipo *chips* é muito bom a qualquer hora” e somente 28% concordaram com a afirmação “Mandioca frita tipo *chips* substitui a Batatinha frita tipo *chips* sem problema”, sendo que 64% discordaram desta última afirmativa.

Os gostos e os desgostos descritos pelos consumidores são apresentados nas Tabelas 15 e 16. Na Tabela 15 verifica-se que os principais pontos fortes da amostra de mandioca *chips* foram traduzidos pela maior frequência de citações positivas e estão relacionadas à aparência. Na Tabela 16 a amostra de mandioca *chips* obteve maior número de citações negativas em relação ao sabor e à textura, principalmente por ser um produto com pouco sal, pouco crocante e oleoso. A amostra de batata *chips* obteve maior frequência de citações positivas para os atributos relacionados ao sabor e à textura, principalmente ao teor de sal e à crocância, quanto aos pontos fracos, a batata obteve 14 citações de que nada na amostra era desagradável.

Assim, nota-se que o desenvolvimento de produtos está diretamente relacionado com as necessidades e tendências de consumo, trazendo como consequência a necessidade de respostas rápidas às mudanças do mercado consumidor. A análise sensorial é uma ferramenta importante no desenvolvimento de produtos e os testes

sensoriais necessitam de planejamento, seleção dos provadores criteriosa e de uma boa interpretação dos testes para obter respostas confiáveis. (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2003). A partir dos resultados obtidos na análise sensorial I foram feitas adequações na formulação e no processamento da mandioca *chips* com o objetivo de mudar a aparência gordurosa, melhorar a crocância e aumentar o teor de sal.

Tabela 14 - Respostas dos consumidores a três afirmativas quanto a hábitos de consumo da classe de produtos tipo *chips*.

Afirmativa	Escala	Mandioca
Mandioca frita tipo <i>chips</i> é muito bom a qualquer hora	Concordo totalmente	16,0%
	Concordo em parte	40,0%
	Nem concordo, nem discordo	12,0%
	Discordo em parte	24,0%
	Discordo totalmente	8,0%
Batatinha frita tipo <i>chips</i> é muito bom a qualquer hora	Concordo totalmente	38,0%
	Concordo em parte	38,0%
	Nem concordo, nem discordo	10,0%
	Discordo em parte	14,0%
	Discordo totalmente	0,0%
Mandioca frita tipo <i>chips</i> substitui a Batatinha frita tipo <i>chips</i> sem problema	Concordo totalmente	6,0%
	Concordo em parte	22,0%
	Nem concordo, nem discordo	8,0%
	Discordo em parte	26,0%
	Discordo totalmente	38,0%

Tabela 15 – Frequência com que os “Gostos” foram citados pelos consumidores em relação às amostras de batata e mandioca *chips*.

GOSTOS	Mandioca	Batata
Aparência		
Aparência (em geral)	8	8
Formato	2	0
Tamanho	1	0
Cor	0	1
Total de menções positivas sobre a aparência	11	9
Aroma		
Aroma (em geral)	1	3
Total de menções positivas sobre a aroma	1	3
Textura		
Crocância	16	34
Consistência	2	3
Maciez	0	1
Total de menções positivas sobre a textura	18	38
Sabor		
Sabor (em geral)	6	32
Menos oleoso	2	2
Sabor suave	1	0
Sabor de mandioca	1	0
Teor de sal	1	14
Total de menções positivas sobre o sabor	11	48

Tabela 16 - “Desgostos” descritos pelos consumidores em relação às amostras

Desgostos	Mandioca	Batata
Aparência		
Aparência (em geral)	6	1
Formato irregular	0	1
Pequena	0	1
Cor	1	3
Total de menções negativas	7	6
Aroma		
Aroma forte	0	1
Aroma de óleo	3	1
Total de menções negativas sobre a aroma	3	2
Textura		
Pouco crocante	16	0
Mais crocante	0	2
Consistência	6	0
Dura	4	0
Oleosidade	11	4
Total de menções negativas	37	6
Sabor		
Sabor (em geral)	18	2
Pouco sal	10	0
Sabor de óleo	7	0
Sem sabor/ pouco tempero	5	1
Rançoso	4	0
Pouco sabor de mandioca	2	0
Sabor de plástico	3	0
Muito salgada	0	6
Amargor	0	2
Total de menções negativas sobre o sabor	49	11

*números indicam a frequência com que foram citados.

5.2 SEGUNDA ETAPA - Aprimoramento da formulação e estudo da vida de prateleira da mandioca *chips*

Nesta etapa a mandioca da variedade Manteiga foi substituída pela mandioca da variedade IAC576-70, pois esta tem maior disponibilidade, uniformidade e qualidade entre os lotes. Além disso, a porcentagem de carboidratos da mandioca cozida em pó da variedade Manteiga não apresenta diferença significativa quando comparada a mandioca cozida em pó da variedade IAC576-70 (Tabela 8). A variedade IAC576-70 também apresentou as mesmas características tecnológicas para a produção dos *chips* que a mandioca Manteiga. Os pré-testes apontaram para a inclusão de mandioca crua em pó, pois esta alterava as características de textura e a absorção de lipídeos. Foram testadas novas formulações incluindo a mandioca crua em pó com o objetivo de melhorar a textura dos *chips* e para diminuir a aparência gordurosa dos *chips* foi utilizada gordura de palma (420L da Agropalma) como meio de fritura.

5.2.1 Obtenção da mandioca crua e cozida em pó a partir da mandioca da variedade IAC576-70

Para a obtenção da mandioca crua e cozida em pó foram realizadas etapas semelhantes à Primeira Etapa. Na Figura 39 possível observar as fotos de cada etapa do processamento e na Figura 40 está apresentado o rendimento da obtenção da mandioca crua e cozida em pó.

Figura 39 – Mandioca lavada (A), mandioca descascada (B), mandioca crua laminada (C), mandioca cozida (D), mandioca cozida laminada (E, F).

Figura 40 – Rendimento do processo de produção da mandioca cozida e crua em pó.

É possível observar no fluxograma da Figura 40 um rendimento 1,7% maior na produção da mandioca crua em pó quando comparado ao obtido na produção de mandioca cozida em pó. Na etapa de produção da mandioca cozida o rendimento foi menor devido a pequenas perdas no processo, pois esta ficava aderida ao equipamento de laminação. Em relação à produção de mandioca cozida em pó a variedade IAC576-70 apresentou rendimento 2,6% maior que a variedade Manteiga pois esta apresentou mais perdas no processo de trituração.

O rendimento da obtenção da mandioca cozida e crua em pó foi maior que a produção de farinha de mandioca obtida por Silva (1995) que foi de 25%, pois neste processo há perda de amido na prensagem. Em relação a farinha de mandioca cozida obtida por Berbari (2001) este obteve 23,8% de rendimento, valor menor que o encontrado neste trabalho, pois no estudo conduzido por Berbari (2001) foram retiradas as fibras mais grossas ao contrario do realizado na pesquisa em questão.

5.2.1.1 Cozimento da mandioca

No cozimento da mandioca da variedade IAC576-70 a tampa da panela de cocção a vapor ficou semi-aberta, havendo perda de 14,4% de umidade após o tempo de cocção de 25 minutos, ao passo que a mandioca Manteiga avaliada na primeira etapa perdeu apenas

2,5% de umidade no cozimento, o que pode ser explicado pelo fato de que durante todo o processamento da mandioca Manteiga a tampa da panela ficou fechada. O tempo de cozimento em imersão em água em ebulição é um parâmetro de indicação da qualidade da mandioca de mesa, não devendo ser superior a 30 minutos e apresentar facilidade quando perfurada com garfo.

Rodriguez-Sandorval et al. (2007) estudaram a cocção de pedaços de mandioca de 10 cm de comprimento em água em ebulição e sob vapor direto, secando a 50°C e observaram que as alterações nas características reológicas do amido não apresentaram diferença significativa entre as formas de cozimento. Assim a cocção a vapor é uma opção mais interessante por incorporar pouca umidade ao produto que posteriormente será seco.

5.2.1.2 Secagem da mandioca cozida e crua

As curvas de secagem da mandioca cozida e crua podem ser observadas na Figura 41. A partir de 1h de secagem a velocidade de perda de umidade da mandioca crua foi maior, tendo atingindo valores mínimos após 4h de secagem e a mandioca cozida atingiu o mínimo de umidade após 5h de secagem. A umidade da mandioca crua em pó utilizada no desenvolvimento da mandioca *chips* foi de $5,27 \pm 0,26\%$ e da mandioca cozida em pó foi de $6,75 \pm 0,03\%$.

Figura 41 – Curvas de secagem da mandioca cozida e crua.

*Média e desvio padrão de testes realizados em triplicata.

As equações das curvas que melhor se ajustam as curvas de secagem são as Equações 18 e 19:

Curva de secagem mandioca cozida:

$$y = 2,5825x^2 - 27,022x + 69,233 \quad R^2 = 0,991 \quad (\text{Equação 18})$$

Curva de secagem mandioca crua:

$$y = 1,3738x^2 - 18,379x + 61,417 \quad R^2 = 0,9967 \quad (\text{Equação 19})$$

A curva de secagem da mandioca crua mostra que a secagem foi mais rápida que da mandioca cozida. Isso é devido ao fato que na mandioca cozida parte da água ligada a amilose e amilopectina durante a gelatinização dificultando a secagem.

5.2.1.3 Trituração e peneiramento

As amostras de mandioca cozida e crua em pó que saíram do processo de trituração foram submetidas ao peneiramento para determinação da granulometria média com uso do Granotest com peneiras de diferentes aberturas (Tabela 17).

Tabela 17 – Granulometria da mandioca cozida e crua em pó

Abertura da peneira em mm	Abertura da peneira em Mesh	Cozida Retida (%)	Crua Retida (%)
0,84	20	11,2 ± 0,31	24,1 ± 0,22
0,5	32	24,22 ± 0,25	10,68 ± 0,34
0,25	60	28,48 ± 0,41	5,67 ± 0,45
0,177	80	11,3 ± 0,36	57,35 ± 0,30
Fundo	Fundo	24,79 ± 0,20	2,20 ± 0,32

***Média de ensaio em duplicata.**

No peneiramento 64,58% da mandioca cozida em pó, passou pela peneira de 0,5 mm enquanto que a mandioca crua em pó passou 65,22%. O que ficou retido nas peneiras de 0,5 e 0,84 mm passou novamente pelo multiprocessador até que apenas 1% ficou retido nestas peneiras. A granulometria fina é importante para a menor absorção de água pela massa dos *chips* e para a formação de uma massa de filme uniforme e coeso. Barbari (2001) utilizou polpa de mandioca desidratada e moída para produção de palitos de mandioca extrusados a frio e relatou que foi necessário que 30% dessa farinha tivesse

granulometria entre 0,85 – 0,35 mm e que 70% estivesse entre 0,15 – 0,35 mm para que os palitos tivessem uma textura adequada, relatando que uma granulometria maior deixava a massa para a produção dos palitos com grumos duros.

5.2.2 Caracterização da mandioca IAC576-70 crua e cozida em pó

5.2.2.1 Composição centesimal da mandioca *in natura*

A composição centesimal do cilindro central da mandioca e das cascas e entrecasca da mandioca IAC576-70 está apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 - Composição centesimal das raízes de Mandioca IAC576-70 .

Composição (%)	Cilindro central	Cascas e entrecasca
Umidade	62,54 ± 0,68 ^a	74,29 ± 0,56 ^b
Cinzas	0,86 ± 0,01 ^a	1,05 ± 0,012 ^b
Proteínas	0,87 ± 0,13 ^a	1,06 ± 0,15 ^a
Lipídeos	0,58 ± 0,14 ^a	1,16 ± 0,06 ^a
Carboidratos	35,16 ± 0,29 ^a	22,43 ± 0,19 ^b

***Resultados em base úmida da média e desvio padrão de análises em triplicata. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras a P≤0,05.**

A porcentagem de umidade da Mandioca IAC576-70 foi 3,79% maior que a da variedade Manteiga o que resultou em valores menores dos demais componentes da variedade IAC576-70. A quantidade de carboidratos foi 4,21% maior na variedade da mandioca Manteiga que na IAC576-70. Comparando a composição do cilindro central com a casca e entrecasca observa-se que não houve diferença significativa em relação às proteínas e os lipídeos, porém houve diferença significativa a P≤0,05 para o teor de umidade e cinzas que foram maiores para as cascas e entrecasca, porém para o em relação aos carboidratos, estes foram maiores para o cilindro central.

Na Tabela 19 está apresentada a composição centesimal da mandioca cozida em pó das variedades Manteiga e IAC576-70. Em relação a composição não houve diferença significativa na sua composição entre as variedades, exceto pela maior umidade na

mandioca Manteiga e o menor teor de cinzas que foi menor nesta variedade. Como a composição do pó da mandioca cozida Manteiga foi semelhante à variedade IAC576-70, esta foi então estudada quanto a sua composição, e características reológicas além de ser utilizada para os demais testes na segunda etapa deste trabalho.

Tabela 19 - Comparação entre a composição da mandioca cozida em pó das variedades Manteiga e IAC576-70

Composição (%)	Manteiga Cozida em pó	IAC576-70 Cozida em pó
Umidade	7,70 ± 0,05 ^a	6,75 ± 0,03 ^b
Lipídeos	0,76 ± 0,10 ^a	0,55 ± 0,15 ^a
Proteínas	1,30 ± 0,38 ^a	1,59 ^a ± 0,33 ^a
Cinzas	1,46 ± 0,05 ^a	2,08 ± 0,03 ^b
Carboidratos	88,78 ± 0,14 ^a	89,03 ± 0,15 ^a

*Média e desvio padrão de triplicatas. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre amostras a $P \leq 0,05$.

5.2.2.2 Determinação de pH, acidez, açúcares redutores, açúcares totais e amido da mandioca *in natura*.

Os valores de pH, acidez, açúcares redutores, açúcares totais não amido e amido da mandioca IAC576-70 *in natura* estão apresentados na Tabela 20. A porcentagem de amido encontrada na variedade IAC576-70 (32,01%) é maior do que a encontrada por Ceni, et al. (2009) nas variedades BRS Rosada (24%), Casca Roxa (25%), BRS Dourada (29%), porém menor que nas variedades BRS Gema de Ovo (39%) e Saracura (39%). No estudo realizado por Borges, Fukuda e Rossetti (2002) em 26 variedades de mandioca, onze delas apresentaram elevado teor de amido (30,86% a 33,55%) e de matéria seca (35,59% a 38,20%) e boa produtividade (18,73 a 25,31t/ha). Concluindo que fatores variam de acordo com o tipo de solo, variedade e idade da planta. Comparando os resultados obtidos em relação à porcentagem de amido a variedade IAC576-70, estudada neste trabalho, pode ser considerada de alto teor de amido.

Tabela 20 – Valores de açúcares redutores e totais, amido, pH e acidez da mandioca *in natura*

Análise	
pH	6,62 ± 0,16
Acidez (%)	0,47 ± 0,08
Açúcares redutores (%)	0,39 ± 0,13
Açúcares totais não Amido (%)	2,06 ± 0,10
Amido (%)	32,01 ± 0,05

***Média e desvio padrão de ensaios em triplicata. Resultados expressos em base úmida.**

5.2.2.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Poder de Inchamento (PI) da mandioca crua e cozida em pó

As amostras de mandioca crua e cozida em pó foram analisadas em relação ao ISA e o PI e os resultados são apresentados nas Figuras 42 e 43. Nestas figuras é possível observar que houve diferença significativa a $P \leq 0,05$ entre as amostras de mandioca crua e cozida em pó tanto para o ISA quanto para o PI em todas as temperaturas testadas.

O ISA da mandioca crua em pó manteve-se praticamente constante entre as temperaturas de 25°C a 60°C, porém apresentou valores menores que os resultados da mandioca cozida. A partir de 60°C os valores de ISA da mandioca crua em pó aumentam rapidamente atingindo $19,06 \pm 2,85\%$ a 75°C. Em relação à mandioca cozida em pó os valores de ISA foram maiores que os da mandioca crua em pó para todas as temperaturas, apresentando aumento gradual até atingir $25,41 \pm 0,43\%$ a 75°C sendo 6,35% maior que a mandioca crua em pó nesta temperatura.

Os valores de PI da mandioca crua em pó para as temperaturas de 25 a 60°C foram menores que os encontrados para a mandioca cozida em pó nestas mesmas temperaturas, porém para a temperatura entre 65 e 75°C os valores foram maiores.

Figura 42 – Valores de ISA da mandioca crua e cozida em pó.

*Média e desvio padrão de ensaios em triplicata. Letras diferentes entre as linhas indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

Figura 43 – Valores de PI da mandioca crua e cozida em pó.

*Média e desvio padrão de ensaios em triplicata. Letras diferentes entre as linhas indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

As características de 20 variedades de mandioca de Benin, dentre elas sete bravas e 13 mansas estudadas por Padonou et al. (2005) mostraram que as variedades bravas apresentam 10% mais ISA que as variedades doces, porém em relação ao PI não

apresentaram diferença significativa. Nunes, Santos e Cruz (2009) estudaram o ISA e o PI de féculas extraídas de mandiocas das variedades brasileiras Cacau, Manteiga e Eucalipto. Nestas variedades estes autores evidenciaram para a temperatura de 60°C uma variação do poder de inchamento de 6,31% para a Manteiga e 8,40% para a Eucalipto, mostrando que há uma diferenças entre as variedades. Eke, Achinewhu e Sanni (2010) encontraram valores de PI entre 4,04% e 20,42% e para os valores de ISA foram obtidos valores entre 20,76% e 26,92% nas temperaturas entre 70°C e 100°C, em tapioca obtida de amido de 33 diferentes clones de mandioca na Nigéria.

Os valores de ISA obtidos para mandioca crua e cozida em pó neste trabalho estão na faixa encontrada por Eke, Achinewhu e Sanni (2010), porém os valores de PI para a mandioca crua em pó foram ligeiramente menores.

As diferenças entre o PI e ISA das mandiocas crua e cozida em pó podem ser explicadas pelo processo de gelatinização do amido, que ocorre quando este é aquecido em água. A temperatura de gelatinização é característica de cada fonte de amido, conforme a temperatura aumenta os grânulos de amido incham e parte da amilose se solubiliza (PARKER; RING, 2005). A temperatura de gelatinização da mandioca crua em pó foi de 71,02°C (Tabela 21) o que pode explicar o fato do PI, da mandioca crua em pó, aumentar significativamente entre 60 e 75°C. Na mandioca cozida em pó a temperatura de maior viscosidade foi atingida a 80,53°C (Tabela 21), neste caso os grânulos já haviam inchados na etapa de cocção, causando maior absorção de água desde as primeiras temperaturas testadas, quando comparadas à mandioca crua em pó. Em relação ao ISA, o mesmo argumento pode ser usado para explicar os maiores valores, para a mandioca cozida em pó em relação à crua, devido ao fato de haver maior solubilização da amilose quando o amido é gelatinizado, sendo que os maiores valores de ISA da mandioca crua em pó foram atingidos após a temperatura de gelatinização.

5.2.2.4 Capacidade de ligar iodo (BVI)

O complexo de amilose com iodo produz uma cor azul, cuja intensidade pode ser usada para determinar o teor de amilose livre em uma solução de amido solúvel (LAMBERT, GEISELMANN; CONDE-PETIT, 2004). Houve diferença significativa entre os valores de BVI das amostras, como pode ser observado na Figura 44. A mandioca cozida em pó apresentou um valor de BVI de 7,55 sendo maior que o BVI da mandioca crua em pó que foi de 4,90. Ambos foram maiores que o valor de BVI (0,17) da mandioca *in natura*. Valores de BVI maiores na mandioca cozida em pó indicam um aumento na solubilidade da amilose, devido à gelatinização do amido corroborando com os dados de PI e ISA.

Rodriguez-Sandoval et al. (2008) observaram que durante o armazenamento da mandioca cozida em pó, obtida a partir da mandioca da variedade Valencia C30 da Costa do Marfim, preparada pela cocção a vapor ou em água e seca, à temperatura ambiente, apresentou valores de BVI próximos a 6.

O valor de BVI da mandioca cozida em pó deste trabalho foi maior que o encontrado por Rodriguez-Sandoval et al. (2008) e para a mandioca crua em pó o valor foi menor.

Figura 44 – Capacidade de ligar iodo (BVI) das amostras de mandioca crua *in natura*, mandioca crua e cozida em pó.

*Média e desvio padrão de análises em triplicata.

5.2.2.5 Viscosidade de pasta

Dentre as propriedades mais importantes de matérias-primas contendo alta quantidade amido temos a viscosidade. A curva de viscosidade representa o comportamento do material no aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, devido às modificações estruturais do amido e por sua tendência a retrogradação durante o resfriamento (viscosidade final). A viscosidade de quebra permite avaliar a estabilidade do produto em altas temperaturas sob agitação mecânica (LUSTOSA et al. 2009).

Os resultados obtidos com o uso do RVA (*Rapid Visco Analyser*) das amostras de amido (extraído da mandioca *in natura* e liofilizado), da mandioca crua e cozida em pó, estão apresentados na Tabela 21. Observa-se nesta tabela que a viscosidade de pico (viscosidade máxima) é maior no amido extraído da mandioca *in natura* e menor na

mandioca cozida em pó. O valor da temperatura onde a viscosidade é máxima foi maior no amido e na mandioca crua em pó, não havendo diferença significativa entre eles, porém para a mandioca cozida em pó a temperatura de empastamento foi maior. Em relação à viscosidade de quebra, esta foi maior no amido e a menor na mandioca cozida em pó, o mesmo acontecendo com a viscosidade final.

Tabela 21 – Viscosidade do amido, da mandioca crua e cozida em pó obtidos pelo RVA.

	Amido	Crua	Cozida
Viscosidade no Pico (cP)	5087,00 ± 33,94 ^a	2911,25 ± 239,10 ^b	615,00 ± 18,38 ^c
**Tempo de Pico (min)	3,57 ± 0,05 ^a	4,15 ± 0,56 ^a	5,84 ± 0,23 ^b
Temperatura de empastamento (°C)	70,93 ± 0,81 ^a	71,20 ± 0,77 ^a	80,58 ± 1,03 ^b
Viscosidade de Quebra (cP)	3368,50 ± 61,52 ^a	1564,50 ± 79,23 ^b	46,00 ± 1,41
Viscosidade Final (cP)	2694,50 ± 112,43 ^a	1936,75 ± 68,82 ^b	923,50 ± 4,65 ^c

***Médias e desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa à P≤0,05. **Tempo para atingir a viscosidade máxima.**

A gelatinização, a viscosidade de pasta e as características dos géis de amido são influenciadas pela temperatura do tratamento térmico realizado, pela fonte do amido e pela composição da matéria-prima que o contém (DINIZ, 2003). Lustosa et al. (2009) caracterizaram a mandioca crua em pó, seca a 45°C, e observaram que a temperatura de pico (temperatura máxima) para a crua em pó foi de 70,5°C próxima ao encontrado neste trabalho. De acordo com Whistler e Bemiller (1997) o amido de mandioca contém em média 17% de amilose, proporcionando um gel translúcido com moderada tendência a retrogradação quando comparado ao outras fontes de amido.

5.2.2.6 Microscopia

5.2.2.6.1 Microscopia ótica

A mandioca crua e cozida em pó e o amido extraído da mandioca *in natura* podem ser observados nas micrografias das Figuras de 45 a 47. Os grânulos de amido extraídos da

mandioca *in natura* apresentados na Figura 45 possibilitam a observação da cruz de malta, resultante da birrefringência que é devida à semicristalinidade do grânulo e é consequência da presença de amilopectina orientada radialmente no grânulo (ZAIDUL, et al, 2007).

Figura 45 - Grânulos de amido de mandioca com aumento de 400x (A e B). Detalhe da birrefringência.

Alguma alteração nos grânulos de amido da mandioca crua em pó, com perda da birrefringência pode ser observada na Figura 46, possivelmente devido à ruptura das duplas hélices da amilose, devido à quebra das ligações de hidrogênio e liberação de amilose do grânulo. Isso é corroborado pelos valores de BVI que estão aumentados na mandioca crua em pó quando comparado com a mandioca crua *in natura*. Apesar desta alteração, a forma dos grânulos foi mantida.

Figura 46 – Mandioca crua em pó com aumento de 40x (A) e 400x (B). Detalhe da alteração no grânulo de amido.

Na Figura 47 é possível observar as alterações que ocorreram nos grânulos de amido em decorrência da cocção da mandioca. Nesta figura é visível a perda da birrefringência e devido à absorção de água durante o aquecimento e ao intumescimento do grânulo, devido à gelatinização com consequente aumento do tamanho do grânulo. Na gelatinização do amido puro em água os grânulos estouram, porém na mandioca cozida em pó os grânulos ainda são visíveis, mas deformados e grandes, com seu contorno visível.

Figura 47 – Suspensão da mandioca cozida em pó com aumento de 100x (A) e 400x (B).

5.2.2.6.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As Figuras 48a, 48b, 49a, 49b e 50a e 50b apresentam as respectivas microfotografias do amido extraído da mandioca *in natura*, da mandioca crua em pó e mandioca cozida em pó.

A forma e tamanho dos grânulos de amido são característicos de cada fonte botânica (HIZUKURI; ABE; HANASHIRO, 2006) e as figuras 48a e 48b apresentam grânulos típicos de amido de mandioca, com poucos grânulos danificados. Nas Figuras 49a e 49b pode ser observado que alguns grânulos de amido mandioca crua em pó gelatinizaram, o que se reflete na distribuição do tamanho dos grânulos de amido mostrado da Figura 52. Nesta figura partes dos grânulos apresentam dimensões de 50 μm , próximos ao tamanho dos grânulos gelatinizados. A temperatura de gelatinização do amido, na verdade, encontra-se numa faixa de temperatura que é característica para cada fonte de amido (ABERA; RAKSHIT, 2003), o que justifica o aparecimento de grânulos gelatinizados na mandioca crua em pó, pois esta foi seca a temperatura de 65°C, faixa de temperatura onde o processo de gelatinização inicia.

Na Figura 50b é possível observar que alguns grânulos de amido não gelatinizaram durante a cocção a vapor da mandioca, porém a maioria gelatinizou ficando aderidos uns aos outros, formando grumos.

Figura 48a – Amido de mandioca visualizada com aumento de 500x.

Figura 48b – Amido de mandioca visualizada com aumento de 2000x.

Figura 49a – Mandioca crua em pó visualizada com aumento de 2000x. Destaque da gelatinização.

Figura 49b – Mandioca crua em pó visualizada com aumento de 1000x.

Figura 50a – Mandioca cozida em pó visualizada com aumento de 50x.

Figura 50b – Mandioca cozida em pó visualizada com aumento de 1000 x. Destaque do grânulo de amido não gelatinizado.

De acordo com BUTARELO et al. (2004) a cocção de mandioca das variedades Catarina Amarela e IAPAR-19 Pioneira (cultivadas por 12 meses), em água à temperatura de ebulição e à temperatura de 80°C, resultou que em maior tempo de cocção se relaciona com maior quantidade de amido gelatinizado. Estes autores observaram que, em 6 min de cocção à temperatura de ebulição, a variedade Pioneira apresentou 85,1% do amido gelatinizado e a variedade amarela com 14 min de cozimento teve 82,7% do amido

gelatinizado. A quantidade de amido gelatinizado e o tempo para a total gelatinização dependem da variedade e tempo de cultivo da mandioca. Estes autores observaram, também, que a 80°C, temperatura superior a de gelatinização do amido isolado de mandioca, não houve 100% de gelatinização do amido contido nas células dos tecidos das raízes, independente do tempo de cozimento.

5.2.2.7 Tamanho e distribuição das partículas

Os resultados da distribuição normal do tamanho das partículas dos grânulos de amido, extraído da mandioca *in natura* e da mandioca crua e cozida em pó, encontram-se nas respectivas Figuras 51, 52 e 53. O amido apresentou maior porcentagem dos grânulos com 20 μm , valor este próximo a 19 μm encontrado por Lacerda (2008) e dentro da faixa de tamanho encontrada por Eke, Achinewhu e Sanni (2010), estes autores encontraram uma variação de 14,38 a 22,5 μm no tamanho de grânulos de amido de mandioca extraído de 39 variedades diferentes de mandioca da Nigéria.

A mandioca crua em pó apresentou 50% das partículas próximos a 20 μm e 10% próximo a 50 μm o que pode indicar gelatinização de parte dos grânulos de amido. Já a mandioca cozida em pó apresentou 50% dos tamanhos de partícula entre 60 a 80 μm indicando um aumento no tamanho das partículas devido ao inchamento dos grânulos durante o processo de gelatinização do amido, ocorrido durante o cozimento da mandioca a vapor.

Figura 51 – Distribuição normal do tamanho das partículas dos grânulos de amido: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas.

Figura 52 – Distribuição normal do tamanho das partículas da mandioca crua em pó: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas.

Figura 53 – Distribuição normal do tamanho das partículas da mandioca cozida em pó: A linha representa à somatória da porcentagem das partículas de diferentes diâmetros e as barras representam à porcentagem de cada tamanho das partículas.

5.2.2.8 Determinação da cor

As alterações de cor durante o processamento da mandioca crua e cozida em pó estão apresentadas na Tabela 22, onde é possível observar o aumento em todos os parâmetros de cor pelo sistema Cielab. O valor b^* aumentou 237,76% indicando uma cor amarela mais intensa, provavelmente devido à reação de Maillard entre os açúcares redutores, peptídeos e aminoácidos da mandioca, durante o processo de cocção a vapor e secagem (BOBBIO;BOBBIO, 2001;GRIZOTTO, 2010). Houve diminuição de 5,21% no valor de L^* indicando escurecimento na cor e o aumento de 2,8% nos valores de a^* , um aumento da cor vermelha também devido à reação de Maillard.

Tabela 22 – Valores de L^* , a^* , e b^* da mandioca crua e cozida em pó

Amostra	L^*	a^*	b^*
Crua	$84,40 \pm 0,35^a$	$-0,71 \pm 0,05^a$	$6,70 \pm 0,10^a$
Cozida	$80,39 \pm 0,16^b$	$0,02 \pm 0,15^b$	$15,93 \pm 1,32^b$

*Média e desvio padrão de ensaio em triplicata. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

5.2.2.9 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A temperatura de gelatinização e a variação de entalpia das amostras de amido e mandioca crua em pó podem ser observadas na Tabela 23. Nas Figuras 54 e 55 estão apresentados os termogramas das amostras.

Tabela 23 – Temperatura de gelatinização e variação de entalpia (ΔH)

AMOSTRA	T_0 (°C) (Temperatura inicial)	T_p (°C) (Temperatura de pico)	T_f (°C) (Temperatura de final)	ΔH (J/g)
Amido	$54,98 \pm 0,81^c$	$61,05 \pm 0,35^b$	$65,38 \pm 1,41^a$	$4,40 \pm 0,20$
Mandioca crua em pó	$62,25 \pm 0,11^c$	$67,07 \pm 0,39^b$	$70,31 \pm 0,45^a$	$3,86 \pm 0,17$

*Médias e desvio padrão de análises em duplicata. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

Figura 54 – Termograma do amido extraído da mandioca *in natura*.

Figura 55 – Termograma da amostra de mandioca crua em pó.

Não foi possível obter através da análise de DSC as temperaturas de gelatinização da mandioca cozida em pó, pois de acordo com o termograma da Figura 56 não ficam claras as temperaturas T_o , T_p e T_f da curva, indicando que a gelatinização do amido ocorreu durante o preparo da mandioca cozida em pó. Comparando os valores de temperatura de gelatinização obtidos por DSC, com os da temperatura de empastamento da Tabela 21,

obtidas pelo RVA, observamos que estas são maiores. A diferença entre as temperaturas é devido ao fato de que na análise por RVA a temperatura é medida no início do aumento da viscosidade e por DSC quando há variação na entalpia, sendo este método mais sensível.

Rodriguez-Sandoval et al (2008) avaliaram a temperatura de gelatinização, por DSC, da mandioca da variedade Valencia CR-40 da Costa do Marfim, submetida à cocção em água em ebulição ou em vapor. As amostras foram armazenadas sob refrigeração (5°C) ou congelamento (-20°C) por 24 h e posteriormente foram laminadas e secas a 40°C, sendo que uma amostra de mandioca laminada e seca foi utilizada como padrão de comparação. Estes autores não observaram diferença significativa entre as temperaturas inicial (T_0), de pico (T_p) e final (T_f) entre as formas de cocção e armazenamento no termograma, porém estas temperaturas foram significativamente menores que a da amostra padrão ($T_0=71,4$; $T_p=77,6$; $T_f=85,1$). A amostra padrão estudada por Rodriguez-Sandoval et al (2008) teve comportamento contrario, pois os valores obtidos com a amostra de mandioca crua em pó foram maiores que o amido, neste experimento, possivelmente devido a maior temperatura de secagem (65°C) utilizada promovendo parcial gelatinização do amido.

Figura 56 – Termograma da amostra de mandioca cozida em pó.

5.2.3 Aprimoramento da formulação

De acordo com os resultados do teste de consumidor obtidos no item 5.1.3 foram feitos novos testes de formulação e processo, com o objetivo de diminuir a aparência gordurosa, aumentar a intensidade do gosto salgado e melhorar a crocância.

Em testes preliminares, a mandioca *chips* frita em óleo de soja não apresentou melhora na qualidade dos *chips* em relação à aparência gordurosa, quando foi incluindo mandioca crua em pó em diferentes formulações denominadas de S1, S2, S3, S4 e S5 (Tabela 24). O aumento do tempo e temperatura de fritura também não produziu efeito positivo na qualidade dos *chips*. Na Tabela 24 observa-se o teor de umidade dos diversos testes variando de 2,80% a 6,57%, valores estes considerados altos para um produto tipo *chips*. A absorção de lipídeos variou de 39,6% a 47,8% ocorrendo a exudação do óleo dos *chips* após a fritura (Figura 57A). Assim sendo, optou-se pelo uso de gordura de palma (Agropalma 420F) que proporcionou sensível melhora na aparência dos *chips* sem causar exudação (Figura 57B).

Tabela 24 – Absorção de lipídeos e umidade de diferentes formulações da mandioca *chips* frita em óleo de soja.

Formulação	Formulação e tempo de fritura	Lipídeos (%)	Umidade (%)
S1	15g de crua, 100g cozida e 3 min	43,08 ± 1,68	4,87 ± 0,31
S2	24g de crua, 112g de cozida e 1,5 min	44,25 ± 1,12	2,80 ± 0,01
S3	24g de crua, 112g de cozida e 3,5 min	47,70 ± 0,17	4,10 ± 0,10
S4	6 g de crua, 112g de cozida e 4,5 min	39,66 ± 0,23	6,57 ± 0,12
S5	6 g de crua, 112g de cozida e 1,5 min	44,82 ± 1,11	3,80 ± 0,24

*Resultados expressos em média e desvio padrão de ensaios em triplicata

Figura 57 – Mandioca *chips* frita em óleo de soja da formulação S1, com detalhe do óleo exudado (A). Mandioca *chips* frita em gordura de palma (B).

De acordo com Grizotto (2010) o teor residual de óleo é um fator importante na qualidade das batatas fritas tipo *chips*. Os principais fatores que afetam a absorção de óleo pela batata são: a temperatura, o tempo de fritura, a quantidade de água presente na batata, o tipo de óleo utilizado e a espessura das fatias. Vitrac et al (2002) estudaram os fenômenos de transferência de calor durante o processo de fritura de *chips* de mandioca obtidos pela laminação da raiz a 1,5 mm. Estes autores observaram que a perda de água durante o processo de fritura ocorre em duas etapas e que absorção de óleo depende da quantidade de água final do produto e da temperatura de fritura.

Jorge e Lunard (2005) estudaram a absorção de lipídeos durante a fritura de batatas *chips* e observaram que a absorção de óleo de soja foi menor em óleo de girassol e milho.

Neste trabalho o óleo vegetal por ser insaturado e de baixa viscosidade não ficou preso na matriz estrutural dos *chips*, possivelmente devido ao fato do amido estar gelatinizado previamente a fritura não permitindo a incorporação do óleo a sua estrutura, independente de sua da fonte.

5.2.3.1 Resultados do planejamento experimental

Nos testes preliminares foi observado que a mandioca crua em pó na formulação e o tempo de fritura alteravam as características físicas, químicas e sensoriais da mandioca *chips*. Estas variáveis independentes foram utilizadas como respostas do planejamento experimental (de acordo com os níveis apresentados na Tabela 6 e 7). Os valores obtidos para as variáveis dependentes, estão apresentados nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Valores médios e desvio padrão das variáveis dependentes: umidade, Aa, absorção de lipídeos, textura e tempo para a quebra dos *chips*.

Teste	Umidade (%)	Aa	Absorção de lipídeos (%)	Textura (gf)	Tempo de quebra dos <i>chips</i> (s)
1	7,54 ± 0,19 ^{cd}	0,78 ± 0,01 ^e	42,53 ± 1,87 ^{abcd}	435,06 ± 214 ^{cde}	8,85 ± 1,10 ^a
2	5,90 ± 0,20 ^c	0,82 ± 0,02 ^{cd}	40,44 ± 0,60 ^{abcd}	384,40 ± 193 ^{de}	5,22 ± 0,70 ^b
3	7,86 ± 0,21 ^c	0,85 ± 0,02 ^{bc}	39,64 ± 1,05 ^{abcd}	125,93 ± 70 ^f	5,50 ± 0,00 ^b
4	15,10 ± 0,83 ^a	0,92 ± 0,01 ^a	32,84 ± 0,98 ^d	86,08 ± 33 ^f	5,49 ± 0,00 ^b
5	1,43 ± 0,22 ^{fg}	0,51 ± 0,02 ^h	50,15 ± 2,96 ^a	333,23 ± 54 ^e	0,97 ± 0,20 ^e
6	1,94 ± 0,32 ^{efg}	0,56 ± 0,01 ^h	46,15 ± 0,03 ^{ab}	456,81 ± 118 ^{cde}	1,39 ± 0,58 ^e
7	2,20 ± 0,32 ^{efg}	0,52 ± 0,01 ^h	43,85 ± 0,71 ^{abc}	400,99 ± 101 ^{de}	1,40 ± 0,32 ^e
8	3,44 ± 0,35 ^e	0,62 ± 0,01 ^g	41,91 ± 0,55 ^{abc}	728,51 ± 194 ^a	1,52 ± 0,60 ^e
9 (PC)	2,35 ± 0,25 ^{efg}	0,53 ± 0,01 ^h	46,84 ± 0,51 ^{ab}	422,16 ± 71 ^{cde}	1,06 ± 0,26 ^e
10 (PC)	1,90 ± 0,24 ^{efg}	0,52 ± 0,01 ^h	47,89 ± 0,67 ^a	397,15 ± 70 ^{de}	1,29 ± 0,44 ^e
11 (PC)	2,98 ± 0,22 ^{ef}	0,53 ± 0,01 ^h	45,65 ± 0,66 ^{ab}	394,29 ± 78 ^{de}	1,66 ± 0,91 ^{de}
12	0,92 ± 0,19 ^g	0,40 ± 0,01 ⁱ	48,17 ± 0,51 ^a	371,84 ± 71 ^{de}	1,04 ± 0,33 ^e
13	6,17 ± 0,36 ^d	0,73 ± 0,05 ^f	41,24 ± 0,70 ^{abcd}	533,26 ± 139 ^{bcd}	1,90 ± 0,57 ^{de}
14	5,32 ± 0,17 ^d	0,79 ± 0,01 ^{de}	43,63 ± 1,05 ^{cd}	612,92 ± 115 ^{abc}	2,54 ± 0,40 ^d
15	9,04 ± 0,37 ^c	0,79 ± 0,01 ^{de}	36,53 ± 0,34 ^{bcd}	670,52 ± 125 ^{ab}	3,53 ± 0,65 ^c
16	11,06 ± 0,40 ^b	0,87 ± 0,01 ^b	40,63 ± 0,70 ^{abcd}	118,87 ± 29 ^f	8,52 ± 1,40 ^a
17	2,88 ± 0,20 ^{ef}	0,52 ± 0,01 ^h	44,93 ± 0,33 ^{abc}	547,60 ± 105 ^{abcd}	1,12 ± 0,20 ^e

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras a P≤0,05.
PC = Ponto central

Tabela 26 – Valores médios e desvio padrão das variáveis dependentes: cor (L*, a*, b*) e volume específico.

Teste	Cor			Volume específico cm ³ /g
	L*	a*	b*	
1	45,42 ± 2,94 ^e	-2,44 ± 0,36 ^a	7,36 ± 0,72 ^{bcde}	2,26 ± 0,29 ^a
2	53,2 ± 3,64 ^{abcde}	-2,1 ± 0,42 ^a	7,46 ± 0,34 ^{bcde}	2,78 ± 0,34 ^a
3	45,60 ± 1,87 ^{de}	-2,70 ± 0,24 ^a	7,56 ± 1,04 ^{bcde}	2,57 ± 0,24 ^a
4	49,22 ± 6,72 ^{bcde}	-2,68 ± 0,61 ^a	6,91 ± 1,51 ^{bcde}	2,17 ± 0,22 ^a
5	53,22 ± 4,92 ^{abcde}	-2,17 ± 0,43 ^a	10,24 ± 1,51 ^{abcd}	2,26 ± 0,39 ^a
6	54,48 ± 4,08 ^{abcde}	-2,01 ± 0,12 ^a	10,19 ± 1,45 ^{abcd}	2,90 ± 0,26 ^a
7	51,38 ± 6,77 ^{bcde}	-1,91 ± 0,45 ^a	10,20 ± 2,61 ^{abcd}	2,36 ± 0,43 ^a
8	56,04 ± 5,83 ^{abcd}	-1,79 ± 0,54 ^a	11,04 ± 1,04 ^a	1,80 ± 0,29 ^a
9 (PC)	63,51 ± 1,39 ^a	-1,89 ± 0,30 ^a	9,23 ± 0,60 ^{abcd}	2,74 ± 0,21 ^a
10 (PC)	59,89 ± 3,73 ^{ab}	-2,78 ± 0,76 ^a	10,63 ± 1,06 ^{ab}	1,83 ± 0,25 ^a
11 (PC)	58,66 ± 2,36 ^{abcde}	-2,82 ± 0,43 ^a	10,51 ± 1,07 ^{abcde}	1,83 ± 0,33 ^a
12	53,25 ± 4,12 ^{abcde}	-2,33 ± 0,33 ^a	10,34 ± 0,84 ^{abc}	2,07 ± 0,33 ^a
13	56,04 ± 8,18 ^{abcd}	-2,05 ± 0,36 ^a	11,15 ± 1,95 ^a	2,48 ± 0,22 ^a
14	47,24 ± 4,24 ^{cde}	-2,41 ± 0,32 ^a	7,09 ± 0,67 ^{cde}	2,21 ± 0,18 ^a
15	51,51 ± 4,66 ^{bcde}	-1,85 ± 0,41 ^a	9,65 ± 1,59 ^{abcd}	2,08 ± 0,14 ^a
16	46,36 ± 1,90 ^{cde}	-2,35 ± 0,86 ^a	5,78 ± 2,30 ^{bcde}	1,54 ± 0,29 ^a
17	57,16 ± 7,12 ^{abc}	-1,97 ± 0,46 ^a	11,60 ± 2,42 ^a	1,90 ± 0,17 ^a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras a P≤0,05.
PC = Ponto central

A análise estatística dos resultados mostrou que para todas as respostas obtidas o modelo, que melhor representou todas as respostas, foi o modelo quadrático, com R²

variando de 0,94 a 0,80. As equações representativas das superfícies de resposta para cada parâmetro estudado estão representadas pelas equações dos itens de A até F onde:

X_1 = quantidade de mandioca crua; X_2 = quantidade de mandioca cozida; X_3 = tempo de fritura.

A) Umidade

Os teores de umidade dos *chips* dos testes 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 17 da Tabela 25 não apresentaram diferença significativa entre si e o teste 12 não apresentou diferença significativa em relação aos testes 9, 10, 7, 6 e 5, sendo estes os menores valores de umidade. O teste 4 tem o valor maior de umidade seguida das amostras dos testes 1, 2, 3, 13, 14, 15, 16. Na análise da superfície de resposta apresentada na Figura 58, observa-se o efeito do tempo e da quantidade de mandioca cozida sobre a umidade dos *chips*, onde se verifica que quanto menor o tempo de fritura e maior a quantidade de mandioca cozida em pó, maior o teor de umidade dos *chips*. O mesmo pode ser observado na Figura 59 em relação à mandioca crua e o tempo de fritura, porém com pequenas quantidades de mandioca crua, a partir do nível -1 (6g) a umidade é maior, quando comparada ao mesmo nível da mandioca cozida em pó, onde os maiores valores de umidades ocorrem a partir do ponto central (100g).

Figura 58 – Efeito da quantidade da mandioca cozida em pó e do tempo de fritura na umidade dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó.

Figura 59 – Efeito da quantidade de mandioca crua em pó e do tempo de fritura na umidade dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e a da quantidade de mandioca cozida em pó.

A equação 20 representa o comportamento do teor de umidade em relação à quantidade de mandioca crua, cozida em pó e o tempo de fritura na mandioca *chips*:

$$Y = 2,82 + 1,32X_1 + 1,50X_1^2 - 3,01X_2 + 1,42X_2^2 - 0,90X_1X_2. \text{ Onde } R^2 = 0,80. \quad (\text{Equação 20})$$

Sobukola et al. (2007) utilizaram o método de superfície de resposta para estudar o efeito do tempo, temperatura, matéria seca e espessura de *chips* de inhame sobre os parâmetros: umidade, absorção de óleo, cor e textura. Os resultados obtidos por estes autores mostram que a fritura por imersão de fatias de *chips* de inhame é um método rápido de secagem, em que a taxa de perda de umidade é significativamente influenciada pela temperatura de fritura e pela matéria seca inicial dos tubérculos. A absorção de óleo pelos *chips* de inhame foi significativamente afetada pela temperatura, pelo tempo de fritura e pela matéria seca inicial do inhame. Nos *chips* de inhame houve diminuição da umidade, da força de quebra e da luminosidade (L^*) com o aumento da temperatura e do tempo de fritura, enquanto que o teor de óleo, a cor vermelha (a^*) e a amarela (b^*) aumentaram.

Durante a fritura o produto sofre desidratação a temperatura acima de 100°C e o vapor de água leva a formação de poros e caminhos capilares, na estrutura do alimento, propiciando maior absorção de lipídeos durante a fritura, porém parte do vapor pode ficar retida nestas estruturas deformando as células, provocando a expansão dos alimentos

(ZIALIFAR, et al. 2008). O maior teor de umidade dos *chips*, elaborados com maior quantidade de mandioca crua em pó, pode estar relacionada ao fato de que parte da água adicionada à massa, ter participado da gelatinização do amido e durante a fritura ela pode ter ficado presa na estrutura do grânulo aumentando o teor de umidade dos *chips*.

B) Atividade de água (Aa)

A água nos alimentos existe de duas formas: livre e ligada (ou combinada). A água livre está disponível para uso pelos microrganismos, disponível para as reações químicas e bioquímicas, podendo ser retirada do alimento por secagem, solidificada por congelamento ou ser indisponibilizada por adição de NaCl ou sacarose. Já a água ligada não é passível de congelamento, não pode ser utilizada como solvente, está presente como uma monocamada de moléculas de água e tem alta energia de ligação, não sendo utilizada pelos microrganismos e nem em reações químicas e bioquímicas. A atividade de água é a medida da água livre num alimento, sendo a razão entre a pressão de vapor da água no alimento pela pressão de vapor da água pura. O seu valor varia de zero a um, sendo que abaixo de 0,6 a multiplicação de microrganismos é inviabilizada (COULTATE, 1996).

Os resultados da Aa dos testes 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 17 apresentam os menores valores e diferem significativamente a $P \leq 0,05$ de todos os outros, da mesma forma que os valores de umidade, porém não diferem entre si. O teste 4 apresentou a maior atividade de água e o teste 12 a menor, ambos diferindo dos demais. Os testes 8 e 13 também diferiram entre si e entre os demais testes.

Nas superfícies de resposta das Figuras 60 e 61 pode ser observado que quanto maior a adição de mandioca cozida em pó e menor o tempo de fritura maior é a atividade de água dos *chips*, porém em relação à mandioca crua em pó tanto para as menores quantidades quanto para as maiores, quanto menor o tempo de fritura maior a atividade de água.

A equação 21 representa o comportamento da Aa em relação à quantidade de mandioca crua e cozida em pó e do tempo de fritura na mandioca *chips* a seguir:

$$Y = 0,52 + 0,055X_1 + 0,014 X_1^2 + 0,018 X_2 + 0,09 X_2^2 - 0,13X_3 + 0,06X_3^2 + 0,01X_1X_2 - 0,0001 X_1X_3 - 0,009X_2X_3. \quad (\text{Equação 21})$$

Onde: $R^2 = 0,93$.

Figura 60 – Efeito da quantidade de mandioca cozida em pó e do tempo de fritura na atividade de água dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e a da quantidade de mandioca cozida em pó.

Figura 61 – Efeito da quantidade de mandioca crua e do tempo de fritura na atividade de água dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e a da quantidade de mandioca crua em pó.

C) Absorção de lipídeos

Em relação aos valores de absorção de lipídeos pelos *chips*, apresentados na Tabela 25, observam-se que quanto menor a porcentagem final de umidade dos *chips* maior a porcentagem de lipídeos, apresentando um valor do coeficiente de correlação linear de Pearson (R) de -0,90487 o que reflete uma forte correlação negativa entre a porcentagem de lipídeos e umidade. Este coeficiente foi calculado através da Equação 22 (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Na Figura 62 podemos observar o gráfico da correlação com equação da reta.

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}} \quad (\text{Equação 22})$$

Onde X = é a variável independente e Y = a variável dependente.

Figura 62 – Correlação linear entre a porcentagem de lipídeos e de umidade.

Em relação à atividade de água, quanto menor a *Aa* dos *chips* tanto maior a porcentagem de lipídeos absorvidos pelos *chips*, sendo que o valor do coeficiente de correlação linear entre eles foi de -0,84635, havendo uma forte correlação negativa entre a

Aa e a porcentagem de lipídeos (Figura 63). Resultados semelhantes foram encontrados, também, para correlação entre porcentagem de lipídeos e umidade dos *chips*.

Figura 63 – Correlação linear entre a porcentagem de lipídeos e de atividade de água.

No processo de fritura a água evaporada é parcialmente substituída pelo lipídeo, sendo que a formação de bolhas também está relacionada com maior absorção de lipídeos em produtos fritos tipo *chips* (ZIAIFAR, et al. 2008). Isto está de acordo com os resultados de correlação linear entre a porcentagem de umidade e de lipídeos dos *chips* encontrados no presente estudo.

Jorge e Lunardi (2005) em estudo realizado sobre a influência dos tipos de óleos e tempos de fritura sobre a perda de umidade e a absorção de óleo em batatas *chips*, observaram que, o óleo de soja apresentou menor absorção de lipídeos, quando comparado ao óleo de girassol e milho, porém apresentou maior teor de umidade. De acordo com os estudos de Rogério e Leonel (2004) a espessura das fatias também é importante na absorção de gordura e aceitação dos *chips* de inhame, mandioquinha salsa e batata doce, sendo a espessura de dois milímetros foi a que apresentou menor absorção de gordura.

Nas Figuras 64 e 65, observa-se que o tempo de fritura e as quantidades de mandioca crua e cozida em pó têm influência na absorção de lipídeos, pois quanto maior a quantidade de mandioca cozida e crua em pó usada na elaboração dos *chips*, menor a absorção de lipídeos e quanto maior o tempo de fritura maior a absorção de lipídeos.

Figura 64 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade mandioca cozida na absorção de lipídeos dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e a da quantidade de mandioca cozida em pó.

Figura 65 - Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca crua e na absorção de lipídeos dos *chips*

*Níveis do tempo de fritura e a da quantidade de mandioca cozida em pó.

A Equação 24 representa o comportamento do teor de lipídeos em relação à quantidade de mandioca crua, cozida em pó e o tempo de fritura.

$$Y = 46,80 - 1,93X_1 - 0,75X_1^2 - 2,41X_2 - 2,39X_2^2 + 2,47 X_3 - 1,43X_3^2 - 0,33 X_1X_2 + 0,36X_1X_3 - 0,007X_2X_3. \text{ Onde } R^2 = 0,92. \quad (\text{Equação 23})$$

D) Textura (gf) e Tempo de quebra (s)

Através das superfícies de resposta das Figuras 66 e 67 é possível verificar que as quantidades de mandioca crua e cozida em pó, assim como o tempo de fritura têm efeito sobre a textura. Quanto maior o tempo de fritura e maior a quantidade de mandioca crua e cozida em pó implicou em uma maior força máxima necessária para a quebra dos *chips*.

Os menores valores de força foram obtidos nos testes 3, 4 e 16 diferindo significativamente a $P \leq 0,05$ dos demais testes, porém não havendo diferença significativa entre si. Estes testes apresentaram altos teores de umidade (7,86%, 15,10% e 11,06% respectivamente) propiciando aos *chips* uma textura mole e elástica. Os testes 8, 13, 14, 15, 17 requereram maiores valores de força para quebrar os *chips*, porém não apresentaram diferença significativa entre si.

A análise do valor da força necessária para quebrar os *chips* foi analisada em conjunto com tempo necessário para a quebra destes, pois quanto maior o tempo para a quebra mais elástico e menos crocante é a amostra. Na Figura 68 observa-se que a variável que mais contribuiu para o tempo de quebra dos *chips* é o tempo de fritura, independente da quantidade de mandioca cozida em pó da formulação.

Os *chips* elaborados em acordo com os testes 1, 2, 3, 4, 15 e 16 foram os que mais demoraram a quebrar pois eles tinham consistência mole e elástico o que dificultou o rompimento com a sonda do texturômetro aumentando, desta forma, o valor da força. Os valores de umidade destas amostras foram altos, indicando que o tempo de fritura não foi suficiente para evaporar a água.

Os menores tempos de quebra foram registrados para os testes 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 17 coincidindo com as amostras com menores teores de umidade.

A Equação 24 é a que melhor representa o comportamento da textura na mandioca *chips* em relação à quantidade de mandioca crua e cozida em pó e o tempo de fritura.

$$Y = 411,73 + 46,58 X_1 - 7,84X_1^2 - 12,83X_2 + 59,03 X_2^2 + 118,13 X_3 - 50,02X_3^2 + 27,36X_1X_2 + 67,17X_1X_3 + 118,88X_2X_3. \text{ Onde } R^2 = 0,89. \quad (\text{Equação 24})$$

Figura 66 – Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida na textura dos *chips*.

*Níveis do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó.

Figura 67 – Efeito da quantidade de mandioca cozida e crua em pó sobre a textura dos *chips*.

*Níveis da quantidade de mandioca crua e cozida em pó.

Figura 68 – Efeito do tempo de fritura e da quantidade de mandioca cozida em pó sobre o tempo de quebra.

*Níveis da quantidade de mandioca cozida em pó e do tempo de fritura.

A Equação 25 é a que melhor representa o comportamento do tempo de quebra da mandioca *chips*:

$$Y = 1,30 - 0,12X_1 + 0,17X_1^2 - 0,06X_2 + 0,73X_2^2 - 2,35X_3 + 1,36X_3^2 + 0,41X_1X_2 + 0,52X_1X_3 + 0,45X_2X_3. \text{ Onde } R^2 = 0,94. \quad (\text{Equação 25})$$

Grizotto e Menezes (2002) estudaram as variedades de mandioca mansa IAC576-70 (polpa amarela) e Mantiqueira (polpa branca) para a produção de mandioca *chips* através da laminação da raiz e fritura. Estes autores empregaram o pré-tratamento de cocção e estudaram a textura e aceitação sensorial. Os melhores resultados foram obtidos para a variedade Mantiqueira, pelo cozimento em água em ebulição por até 5 minutos, ou cozimento por 3 minutos seguido de secagem em estufa por 3 horas a 50°C antes da fritura. Para a variedade IAC 576-70 as melhores condições de processo foram os cozimentos em água em ebulição por 5 minutos ou por 3 minutos em câmara de vapor antes da fritura. Em relação à textura dos *chips* os autores encontraram, para a variedade Mantiqueira foi de 389,6+/- 44,5 gf e para a IAC 691,2+/- 65,2gf. Comparando estes valores de força com a aceitação sensorial das amostras, os autores concluíram que a força requerida para a ruptura dos *chips* diminui com o aumento da crocância.

E) Cor

Em relação aos valores de L^* (luminosidade) apenas a quantidade de mandioca cozida teve influência sobre esta variável, pois quanto maior a quantidade de mandioca cozida menor o valor de L^* , o seu efeito pode ser observado no diagrama de Pareto da Figura 69. Os *chips* elaborados em acordo com os testes 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, e 17 não apresentaram diferença significativa entre si. O teste 1 difere significativamente a $P \leq 0,05$ dos 8, 9, 10, 13 e 17 apresentando valores de L^* menores que este, sendo portanto mais escuras.

Em relação ao parâmetro b^* (amarelo) observa-se no diagrama de Pareto da Figura 70 que apenas o tempo de fritura foi significativo a $P \leq 0,05$, pois quanto maior o tempo de fritura maior foi o valor de b^* . Os *chips* dos testes 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, e 17 Não apresentaram diferença significativa entre si, sendo estes os maiores valores dos que apresentados pelas amostras 1, 2, 3, 4, 14 e 16. Assim quanto maior o tempo de fritura maior o valor de b^* e menor o de L^* . Isto é devido à reação de Maillard que ocorre durante o aquecimento dos *chips* envolvendo os açúcares redutores.

Os valores de a^* (vermelho) não apresentaram diferença significativa a $P \leq 0,05$. As Equações 26 e 27 referem-se aos parâmetros L^* e b^* , respectivamente e estão apresentados a baixo:

$$L^*: Y = 60,70 + 1,61X_1 - 2,20X_1^2 + 0,22X_2 - 4,0007X_2^2 + 2,9X_3 - 3,23X_3^2 - 0,09X_1X_2 - 0,68X_1X_3 + 0,44X_2X_3. \text{ Onde } R^2 = 0,91.$$

(Equação 26)

$$b^*: Y = 10,14 + 0,11X_1 + 0,14X_1^2 + 0,34X_2 - 0,69X_2^2 + 1,62X_3 - 0,58X_3^2 + 0,019X_1X_2 + 0,16X_1X_3 + 0,14X_2X_3. \text{ Onde } R^2 = 0,92.$$

(Equação 27)

Figura 69 – Efeito do tempo de fritura, da quantidade de mandioca cozida e crua em pó no parâmetro L* da cor.

Figura 70 – Efeito do tempo de fritura, da quantidade de mandioca cozida e crua em pó no parâmetro b* da cor.

F) Volume específico (cm³/g)

O volume específico é a razão entre o volume do produto e sua massa e este foi determinado pelo método do deslocamento das sementes de painço. Não houve diferença significativa entre os valores de volume específico das 17 amostras, com média de $2,22 \pm 0,38$ cm³/g, indicando que as quantidades de mandioca crua, cozida em pó e o tempo de fritura não influenciam neste parâmetro.

G) Absorção de água pela massa

O coeficiente de correlação linear entre a quantidade de água mínima necessária para a produção das massas da mandioca *chips* e as quantidades de mandioca crua e cozida em pó para cada formulação está apresentada na Tabela 27. Nesta tabela observa-se que houve uma forte correlação positiva entre a quantidade de mandioca cozida em pó e a quantidade de água necessária para a produção da massa, porém em relação à mandioca crua em pó a correlação é fraca.

Tabela 27 – Coeficiente de correlação linear da quantidade de água necessária para a produção da massa, quantidade de mandioca crua e cozida em pó.

	Água	Mandioca crua	Mandioca cozida em pó	Mandioca cozida + crua
Água	NS	NS	0,74	0,84
Mandioca crua	NS	NS	NS	NS
Mandioca cozida	0,74	NS	NS	0,89
Mandioca cozida + crua	0,84	NS	0,89	NS

*NS - Coeficiente de correlação linear não significativo.

5.2.3.2 Análise sensorial II

A partir das 17 diferentes formulações de *chips*, foram escolhidas três amostras, P5, P8 e P17 para a avaliação sensorial. Os resultados obtidos nos testes de aceitação com a escala hedônica, com a escala do ideal, da intenção de compra e teste de ordenação estão apresentados na Tabela 28. Verifica-se nesta tabela que as três amostras de mandioca *chips* não diferiram significativamente em relação aos atributos de aparência, crocância na boca, dureza, sensação na boca, sabor salgado, intensidade ideal do sabor de mandioca e

do teor de sal. As amostras P5 e P8 não diferiram entre si e foram mais bem aceitas a $P \leq 0,05$ do que a amostra P17, em relação à aceitabilidade de modo global, ao aroma, ao sabor de mandioca e ao sabor global. As amostras P5 e P17 não diferiram entre si e foram mais bem aceitas a $P \leq 0,05$ do que a amostra P8 quanto à aceitabilidade da cor. Quanto à aceitabilidade do som, a amostra P17 foi significativamente mais bem aceita a $P \leq 0,05$ do que a amostra P8 sendo que a amostra P5, com média intermediária, não diferiu das demais.

Quanto à intensidade de cor ideal, a amostra P8 obteve média correspondente à “um pouco mais claro do que eu gosto”, e foi significativamente diferente a $P \leq 0,05$ da amostra P17, com média entre “do jeito que eu gosto” e “um pouco mais claro do que eu gosto”, a amostra P5, com média intermediária, não diferiu das demais. Quanto à intenção de compra e à ordenação a amostra P5 obteve maior grau de intenção de compra e foi a preferida em relação a P17 a $P \leq 0,05$ sendo que ambas não diferiram da amostra P8.

Tabela 28 - Aceitabilidade, Intensidade e Intenção de compra dos *chips* das formulações P5, P8 e P17.

	Amostras			
	P5	P8	P17	D.M.S.
Aceitabilidade*				
Global	7,0 ± 1,2 ^a	7,0 ± 0,9 ^a	6,4 ± 1,3 ^b	0,44
Aparência	7,2 ± 1,0 ^a	7,1 ± 1,2 ^a	7,1 ± 1,0 ^a	0,27
Cor	7,1 ± 1,1 ^a	6,7 ± 1,2 ^b	7,2 ± 1,2 ^a	0,32
Aroma	6,8 ± 1,2 ^a	6,7 ± 1,0 ^a	6,2 ± 1,4 ^b	0,42
Crocância na boca	7,8 ± 1,1 ^a	7,5 ± 1,0 ^a	7,7 ± 1,1 ^a	0,33
Som	7,6 ± 1,2 ^{ab}	7,4 ± 1,0 ^b	7,7 ± 0,9 ^a	0,33
Dureza	7,4 ± 1,2 ^a	7,4 ± 1,1 ^a	7,5 ± 1,1 ^a	0,37
Sensação na boca	6,9 ± 1,5 ^a	7,1 ± 1,0 ^a	6,7 ± 1,5 ^a	0,49
Sabor de mandioca	6,8 ± 1,1 ^a	6,8 ± 1,2 ^a	6,3 ± 1,6 ^b	0,47
Sabor	6,9 ± 1,3 ^a	6,7 ± 1,2 ^a	6,1 ± 1,5 ^b	0,50
Gosto Salgado	7,0 ± 1,0 ^a	7,0 ± 1,1 ^a	6,7 ± 1,2 ^a	0,44
Ideal*				
Cor	3,1 ± 1,0 ^{ab}	3,0 ± 1,1 ^b	3,4 ± 1,0 ^a	0,30
Sabor de mandioca	3,3 ± 0,9 ^a	3,3 ± 1,0 ^a	3,3 ± 1,1 ^a	0,34
Teor de sal	3,6 ± 1,0 ^a	3,7 ± 1,0 ^a	3,8 ± 1,1 ^a	0,36
Intenção de compra*	3,7 ± 1,0 ^a	3,7 ± 1,0 ^{ab}	3,3 ± 1,0 ^b	0,37
Ordenação**				
	110 ^a	124 ^{ab}	144 ^b	22

Valores expressos como Média ± Desvio-padrão. D.M.S.: Diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey. Em cada linha, valores seguidos de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P \leq 0,05$). ** D.M.S.: Diferença mínima significativa pelo Teste de Friedman.

5.3 Estudo de vida de prateleira

A vida de prateleira de um alimento pode ser definida como o tempo de armazenamento em condições determinadas de umidade relativa, temperatura, luminosidade e embalagem, na qual o produto sofre alterações que podem ser consideradas aceitáveis pelo produtor, consumidor e pela legislação (TEIXEIRA NETO; QUAST, 1993). O estudo de vida de prateleira da mandioca *chips* foi determinado pela realização de análises físicas, químicas e sensoriais durante o armazenamento para estabelecer qual o tempo máximo de armazenamento.

5.3.1 Caracterização da embalagem

O volume de ar na embalagem foi determinado em cada lote produzido, apresentando um volume médio de $0,40 \pm 0,05$ L. A permeabilidade do filme ao vapor d'água (PVA) foi calculada de acordo com a Equação 28. O valor obtido de PVA é considerado baixo sendo o filme utilizado uma boa barreira ao vapor d'água.

$$\text{PVA} = \text{Permeância} \times \text{espessura}$$

(Equação 28)

$$\text{Permeância} = W/S \cdot (R_1 - R_2)$$

$$W = Gt/\text{área} = 0,334041; Gt = 0,0059\text{g/h}; \text{área} = 0,017663\text{ m}^2; R_1 - R_2 = 0,75$$

$$S = 3166\text{Kpa.}$$

$$\text{Permeância} = 0,000141\text{g/hm}^2\text{Kpa}$$

$$\text{Espessura} = 5,8 \times 10^{-5}\text{ m}$$

$$\text{PVA} = 8,17 \times 10^{-9}\text{g/hm}^2\text{Kpa.}$$

5.3.2 Resultados da determinação de umidade, Aa e textura

Durante o armazenamento não houve alteração significativa dos valores de umidade, Aa e força para a quebra dos *chips*, como pode ser observado na Tabela 29, indicando que a embalagem funcionou como ótima barreira ao vapor d'água durante os 133 dias de armazenamento, mantendo a crocância dos *chips*, o que já era esperado pela baixa permeabilidade ao vapor d'água.

Tabela 29 – Umidade, Aa e força para a quebra dos *chips* durante a vida de prateleira.

TEMPO (dias)	UMIDADE (%)	Aa	FORÇA (gf)
0	4,97 ± 0,51 ^a	0,35 ± 0,02 ^b	375,58 ± 6 6,08 ^a
29	5,17 ± 0,12 ^a	0,46 ± 0,00 ^a	370,44 ± 96,50 ^a
42	6,75 ± 0,78 ^a	0,47 ± 0,01 ^a	385,03 ± 64,45 ^a
56	6,23 ± 0,05 ^a	0,47 ± 0,00 ^a	438,03 ± 86,72 ^a
84	6,63 ± 1,01 ^a	0,44 ± 0,01 ^a	395,24 ± 79,70 ^a
98	6,66 ± 0,47 ^a	0,48 ± 0,01 ^a	386,34 ± 48,86 ^a
119	6,04 ± 0,33 ^a	0,48 ± 0,00 ^a	373,71 ± 53,11 ^a
133	6,43 ± 0,35 ^a	0,47 ± 0,00 ^a	375,62 ± 43,2 ^a

*Média e desvio padrão de triplicatas para umidade e Aa, e dez replicatas para a força. Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa a $P \leq 0,05$.

5.3.3 Resultado da estabilidade oxidativa

A estabilidade oxidativa da mandioca *chips* foi verificada a partir do estudo do comportamento da acidez, índice de peróxido, dienos e trienos conjugados, TBARS e análise sensorial durante o armazenamento. A maioria dos trabalhos relativos à determinação da estabilidade oxidativa refere-se ao meio de fritura utilizado e às condições de fritura (temperatura e tempo), mas poucos são os que tratam da oxidação do produto durante a vida de prateleira por meio de estudo de lipídeo absorvido pelo alimento.

Segundo Houhoula e Oreopoulou (2004) o estudo da estabilidade oxidativa de produtos fritos, durante as fases iniciais de armazenamento, pode ser prevista a partir dos parâmetros de oxidação do óleo de fritura que foi absorvido pelo produto. Nos resultados apresentados a seguir foi utilizada a avaliação do lipídeo extraído da mandioca *chips*, exceto para a determinação de TBARS que foi feita diretamente nos *chips*.

5.3.3.1 Determinação do Índice de Acidez

O índice de acidez do óleo extraído da mandioca *chips* apresentou um aumento nos primeiros 30 dias de armazenamento, o que pode ser devido à hidrólise dos ácidos graxos da gordura de palma. Entretanto, o índice de acidez manteve-se sem alteração significativa durante o restante da vida de prateleira, como pode ser observado na Figura 71, indicando

que o máximo de hidrólise nas condições de armazenamento foi atingido após 30 dias de estocagem.

Figura 71 – Índice de acidez da mandioca *chips* durante o armazenamento

*Médias e desvio padrão de análises em triplicata. Letras diferentes indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

A medida de acidez está relacionada com a qualidade da matéria-prima, com o processamento e com as condições de conservação da gordura. Este parâmetro avalia o grau de hidrólise dos triglicerídeos e a formação dos ácidos graxos livres (TANAMATI, 2008), sendo os ácidos graxos de cadeias curtas e médias são mais susceptíveis a hidrólise devido a sua maior solubilidade em água (AYLON, 2009).

Em estudo realizado por Pinto et al. (2003) em gordura hydrogenada, óleo de milho e óleo de girassol, após serem usados como meio de fritura de batatas, ficou evidenciado que a gordura hydrogenada apresentou menor teor de ácidos graxos livres (0,13 sol. Normal/100 v/p), seguida pelo óleo de milho (0,25 sol. Normal/100 v/p) e pelo óleo de girassol (0,38 mL NaOH 1N/100g), sendo estes valores considerados baixos.

Berbari (2001) estudou o comportamento do índice de acidez de palitos de mandioca moldados, pré-fritos em óleo de milho e congelados por 6 meses, observando que após 30 dias de armazenamento houve aumento significativo no índice de acidez, atingindo 0,13 mL NaOH 1N/100g, sendo igual ao obtido para gordura hydrogenada encontrada nos estudos de Pinto et al (2003). Os valores obtidos neste estudo foram maiores que o encontrado por Berbari (2001), provavelmente devido a maior temperatura de estocagem

5.3.3.2 Determinação do Índice de Peróxido

Durante a estocagem da mandioca *chips* foi possível observar (Figura 72) que houve um aumento significativo do índice de peróxido após 29 dias, atingindo o valor máximo 12,65 mEq de peróxidos/kg de *chips* após 56 dias de armazenamento. Após houve uma redução nos valores de índice de peróxido, atingindo 5,56 mEq de peróxidos/kg de *chips* em 133 dias.

Figura 72 – Índice de Peróxidos da mandioca *chips* durante o armazenamento.

*Médias e desvio padrão de análises em triplicata. Letras diferentes indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

O aumento e a redução do valor do índice de peróxido podem ser explicados pelo processo de oxidação dos lipídeos. No processo de oxidação de lipídeos a autooxidação à temperatura ambiente (25°C) tem as mesmas características que a oxidação durante ao processo de fritura. A diferença, neste processo é a rápida degradação dos compostos de oxidação primários a 190°C em compostos secundários e terciários de oxidação (WARNER,2002). A autooxidação ocorre em três etapas iniciação, propagação e término, onde na etapa de iniciação ocorre a formação de radicais livres lipídicos com a retirada de um hidrogênio alílico da molécula de ácido graxo, esta reação é favorecida pela presença de luz e calor. Na etapa de propagação os radicais livres que reagem rapidamente com o oxigênio atmosférico formando o radical peroxil e produtos primários da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos), sendo que os radicais formados são propagadores da reação, são instáveis e degradam rapidamente. O término da reação se dá pela combinação de dois

radicais livres com formação de compostos secundários estáveis pela cisão e rearranjo dos peróxidos (MIN; BOFF, 2002). O índice de peróxido é utilizado como um índice de determinação da oxidação de lipídeos, porém deve ser usado com cautela, pois em altas temperaturas a decomposição de hidroperóxidos pode ser mais rápida do que formação, assim, a degradação não é refletida por este índice (BOSKOU, 2003).

Os tipos de compostos voláteis produzidos a partir da oxidação de óleos comestíveis são influenciados pela composição dos hidroperóxidos e dos tipos de clivagem das duplas ligações dos ácidos graxos, conferindo ao óleo ou alimento sabores e aromas desagradáveis (*off flavors*). Alguns destes são denominados, por provadores em testes de análise sensorial, como tendo sabor de papelão, relacionado a presença de *trans,trans*-2,6-nonadienal, gorduroso associado a aldeídos, de tinta pela presença de pent-2-enal e aldeídos e de peixe devido a presença de *trans,cis,trans*-2,4,7-decatrienol, oct-1-en-3-one (MIN;BOFF, 2002).

Jonnalagadda et al. (2000) estudaram a vida de prateleira de batatas *chips*, fritas em óleo de algodão e armazenadas por 90 dias em saquinhos de polietileno a 27°C. Foi analisado o óleo extraído das amostras de batata frita a cada 15 dias e determinado o índice de peróxido, TBARS e o índice de acidez. Os autores concluíram que apenas o índice de peróxido pode ser relacionado à aceitação sensorial, sendo o sabor de ranço percebido após 30 dias de estocagem, porém nos demais tempos estudados isto não foi percebido.

Pinto et al. (2003) estudaram a relação entre o índice de peróxidos de batatas frita em óleo de milho, óleo de girassol e gordura hidrogenada, em relação à aceitação sensorial. Os valores de índice de peróxido obtidos por estes autores foram 7,7 mEq de peróxido/kg de gordura hidrogenada, 9,9 mEq de peróxido/kg de óleo de girassol e 9,22 mEq de peróxido/kg de óleo de milho. Não houve diferença significativa no sabor de ranço percebido pelos provadores na análise sensorial para amostras fritas, nos diferentes lipídeos, assim os autores concluíram que não houve grande degradação destes durante a fritura.

Não há na legislação brasileira limites para o índice de peróxido para produtos fritos, há apenas o limite máximo para a comercialização dos óleos e gorduras, a qual se refere ao limite máximo de 10 mEq de peróxidos/kg de lipídeo. Os resultados obtidos durante a vida de prateleira da mandioca *chips* estão próximos ao limite estabelecidos para óleos e gorduras.

5.3.3.2 Determinação de Dienos e Trienos Conjugados

Durante a vida de prateleira da mandioca *chips* não houve alteração significativa no valor dos dienos e trienos conjugados como pode ser observado na Figura 73.

Quando ocorre a oxidação de ácidos graxos polinsaturados, há a formação de hidroperóxidos e as duplas ligações se tornam conjugadas, devido à subtração do hidrogênio alílico e conseqüente migração da dupla ligação, resultando em dienos conjugados (DC) que absorvem a 232 nm. O aumento da absorção é proporcional ao oxigênio absorvido e a formação de hidroperóxidos nos estágios iniciais de oxidação. Os trienos conjugados (TC) são produtos da oxidação secundária dos lipídeos e absorvem a 270 nm, tais como cetodienos conjugados e dienais. (KULAS; ACKMAN, 2001). A determinação de DC pode ser utilizada para o acompanhamento da formação de produtos primários da oxidação de lipídeos e os TC dos produtos secundários (TANAMATI, 2008).

Houhoula e Oreopoulou (2004) estudaram a estabilidade da batata *chips* frita em óleo de algodão, utilizando fritadeira continua, nas temperaturas de 155, 185 e 195°C, retirando amostras de óleo e de batata a cada uma hora, por um total de doze horas e armazenaram as amostras a 63°C por 12 dias. Os autores observaram que no óleo extraído das batatas o índice de peróxidos variou de 10 a 100 mEq de peróxido/kg de óleo e os dienos conjugados variaram de 0 a 1,2%, estes aumentando linearmente com o tempo. Estes autores concluíram que a análise do óleo absorvido pode ser utilizada como parâmetro de qualidade do produto. A média dos DC durante deste trabalho foi de $1,19 \pm 0,08\%$ estando dentro dos valores encontrados por estes autores.

Através da metodologia utilizada neste trabalho não foi possível observar a partir da determinação de DC e TC a formação de compostos primários e secundários da oxidação dos lipídeos nos *chips* durante o estudo da vida de prateleira. Os valores de DC obtidos, no presente estudo, não apresentam uma correlação com os valores de índice de peróxidos, isto pode ser devido à degradação dos hidroperóxidos e formação de compostos voláteis não sendo gerados DC ou pode ser devido ao pequeno valor de índice de peróxido, formando pequena quantidade de DC que não foram detectados pelo método utilizado.

Figura 73 – Porcentagem de dienos e trienos da mandioca *chips* durante o armazenamento.

*Médias e desvio padrão de análises em triplicata. Letras diferentes indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

5.3.3.4 Determinação de TBARS

Os resultados da análise de TBARS na mandioca *chips* durante a estocagem podem ser observados no gráfico da Figura 74, onde se verifica que os valores não apresentaram diferença significativa para todas as amostras testadas, apresentando como média de $4,64 \pm 0,67 \text{ nmol MDA/g chips}$.

A medida dos compostos aldeídicos provenientes da degradação de hidroperóxidos pode ser avaliada pelas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) expressas pela quantidade de malondialdeído (MDA) presente na amostra. Se o teor de MDA é baixo, outros aldeídos não oriundos da degradação dos lipídeos podem reagir com o ácido tiobarbitúrico, tais como acetaldeídos e compostos da reação de Maillard (SILVA, BORGES; FERREIRA, 1999). O método de TBARS possibilita verificar o grau de oxidação de lipídeos com ácidos graxos com no mínimo três duplas ligações (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

A gordura de palma utilizada para a fritura da mandioca *chips*, de acordo com os dados da Tabela 5, tem apenas 0,4% de ácido linolênico (C 18:3) como único ácido graxo com três duplas ligações, o que pode explicar os baixos teores de TBARS formados.

Figura 74 - TBARS da mandioca *chips* durante o armazenamento.

*Médias e desvio padrão de análises em triplicata. Letras diferentes indicam diferença significativa a $P \leq 0,05$.

5.3.4 Som da crocância

A avaliação do som emitido pela quebra da mandioca *chips*, armazenados por 133 dias, foi feita pela análise de 10 unidades de *chips* de cada amostragem. O resultado obtido encontra-se no gráfico da Figura 75 apresentando a relação entre densidade espectral e frequência. Também foi realizada uma análise comparativa do som da mandioca *chips* no tempo zero com os três tipos de batatas *chips* disponíveis no mercado, uma batata *chips* frita lisa, outra batata *chips* frita ondulada e uma batata *chips* assada e os resultados podem ser observados na Figura 76.

Em todos os tempos de armazenamento a densidade espectral da mandioca *chips* apresenta picos significativos na faixa de frequência entre 270 e 310 Hz, assim como nas amostras de batatas *chips*. Os valores de densidade espectral nesta faixa de frequência da mandioca *chips* são apresentados na Tabela 30 e correspondem a área abaixo das linhas. Houve alteração na densidade espectral de frequência durante a estocagem, apresentando um pico com 84 dias de armazenamento, na faixa de 270 e 310 Hz e um segundo pico maior na faixa de frequência de 100 e 150 Hz. As batatas fritas tipo *chips* apresentaram perfis semelhantes e também com picos na faixa entre 270 e 310 Hz e a batata *chips* lisa apresentou um perfil semelhante à mandioca *chips*.

Para produtos tipo *chips*, como a batata *chips*, as descrições “firme”, “quebra com facilidade sob a ação de uma força” e “emite som característico”, estão entre os termos mais utilizados para descrever a crocância. A palavra crocância é a mais frequentemente

expressa pelos provadores em testes de análise sensorial e está ligada a textura dos alimentos (SZCEZESNIAK, 1988). A análise do som emitido durante a mastigação e/ou quebra dos alimentos tem sido estudada como uma forma de prever a aceitação do consumidor (CHEN; KARLSSON; POVEY, 2005).

Tabela 30 – Densidade espectral do som da quebra dos *chips* na faixa de 270 a 310 Hz nos diferentes dias de estocagem

Tempo (dias)	Densidade espectral
0	0,17493
56	0,28977
67	0,25684
84	0,36841
119	0,14298

Figura 75 – Análise do som da quebra da mandioca *chips* nos diferentes dias de armazenamento.

Figura 76 – Análise do som da quebra da mandioca *chips* no tempo zero e de diferentes batatas *chips* fritas.

Drake (1963, apud BELIEA, SIVERTSVIKB; BAERDEMAEKERC, 2003) foi o primeiro a pesquisar os sons da crocância dos alimentos para avaliar a textura. Este pesquisador descobriu que a quebra da estrutura de alimentos durante mastigação é acompanhada por um declínio na amplitude média de picos sucessivos de sons na mastigação e que produtos mais crocantes também produziam um ruído mais alto.²²

Beliea, Sivertsvikb e Baerdemaekerc (2003) avaliaram o som da mastigação de produtos crocantes como batata *chips*, flocos de milho e *snacks* extrusados, colocando um microfone no canal auditivo, na orelha do provador do mesmo lado onde os provadores morderiam com o dente incisivo, para a captação do som emitido. A análise do som, com a utilização da FFT (transformada rápida de Fourier) e do programa Matlab®, mostrou que foi possível distinguir os diferentes tipos de alimentos testados a partir do som, porém diferentes pessoas emitiram diferentes sons, sendo necessária uma calibração antes da análise do som.

Maruyama et al. (2008) estudaram o som emitido pela quebra de biscoitos com diferentes atividades de água, utilizando também a análise da densidade espectral e frequência do som, utilizando a FFT usando o programa Matlab®, para obter o espectrograma dos sinais. Estes autores obtiveram uma relação entre densidade espectral de potência e frequência (Hz) e os resultados mostraram que o som emitido pela quebra dos biscoitos está relacionado com sua textura e à atividade de água, pois quanto menor a

²² Drake, B.K. Food crushing sounds, An introductory study, Journal of Food Science v. 28, p. 233–241, 1963

atividade de água, maior a densidade espectral de potência em uma determinada faixa de frequência característica da quebra do biscoito.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os encontrados por Maruyama et al. (2008), pois a mandioca *chips* tem baixa atividade de água e apresentou picos de densidade espectral próximos aos dos biscoitos com baixa atividade de água.

Salvador, et al (2009) avaliaram o som emitido por seis marcas de batatas *chips* utilizando um texturômetro para quebrá-las e analisaram também a força para a quebra, correlacionando estes fatores com a análise sensorial. Os autores concluíram que há uma forte correlação entre a medida instrumental de força e do som emitido, com os atributos sensoriais. Em nosso estudo não houve diferença significativa entre as medidas de textura instrumental durante a estocagem, porém no tempo de 84 dias houve um pico de densidade espectral de frequência, o que coincide com a diminuição da aceitação da crocância da análise sensorial entre 56 e 84 dias, pois quanto maior a intensidade do som, mais duro o produto e menor a crocância.

5.3.5 Análises microbiológicas

Em todos os tempos de armazenamento as amostras da mandioca *chips* não apresentaram contaminação microbiológica por coliformes a 45 °C, estafilococos coagulase positiva e *Salmonella sp*, estando dentro das exigências da RDC 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2009), sendo as amostras inócuas, não oferecendo risco a saúde dos provadores, portanto foram utilizadas para a análise sensorial.

5.3.6 Análise sensorial III

A avaliação sensorial intervém nas várias etapas do desenvolvimento de produtos e dentre elas no estudo de vida útil do produto. As percepções sensoriais dos alimentos são interações complexas que envolvem estes cinco sentidos: visão, olfato, gosto, tato e audição (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2003). Coletar informações sobre o processamento dos alimentos e a utilização dos resultados das análises sensoriais, por exemplo, são muito importantes para o sucesso do desenvolvimento de um produto (POLIGNANO; DRUMOND, 2001).

A análise sensorial III refere-se à vida de prateleira dos *chips* que foram armazenados por 133 dias e as amostras analisadas foram as dos tempos 0, 29, 42, 56, 84, 98, 119 e 133 dias.

5.3.6.1 Teste de aceitabilidade

Os resultados obtidos nos testes de escala hedônica quanto à aceitabilidade global, aroma, dureza, crocância na boca, som e sabor além dos resultados do teste com escala de intenção de compra são apresentados na Tabela 31. Considerando o teste de Tukey, verifica-se que as oito amostras de mandioca *chips* não diferiram significativamente em relação ao atributo aroma. Quanto à dureza, a amostra com 98 dias foi considerada significativamente menos aceita a $P \leq 0,05$ do que a amostra recém produzida no dia 0. Quanto à crocância na boca, as amostras com 56, 98 e 119 dias foram consideradas significativamente menos aceitas a $P \leq 0,05$ do que a amostra recém produzida. De forma similar, o som obtido da quebra dos *chips* com 56 e 98 dias de estocagem foram considerados significativamente menos aceitas ($P \leq 0,05$) que os *chips* recém produzidos. Em relação ao sabor, a amostra com 84 dias foi considerada significativamente menos aceita ($P \leq 0,05$) do que a amostra recém produzida. Na aceitabilidade global, as amostras com 98 e 119 dias foram consideradas significativamente menos aceitas ($P \leq 0,05$) do que a amostra com dia 0. A amostra inicial (dia 0) não diferiu significativamente das demais amostras quanto à intenção de compra.

Outra forma de determinar a vida de prateleira de um produto é a utilização da Aceitabilidade Mínima Tolerável (AMT). Considerando este método, a partir dos resultados da Tabela 31, onde as letras maiúsculas representam a AMT, com o uso do ponto de corte percebe-se que a partir de 42 dias de armazenamento as amostras obtiveram médias significativamente diferentes da amostra inicial (com 0 dias), para os atributos crocância na boca, som, sabor e aceitabilidade de modo global. Quanto ao aroma, as amostras com 56, 84 e 119 dias foram consideradas significativamente menos aceitas ($P \leq 0,05$) do que a amostra recém produzida, com 0 dias. Quanto à dureza, as amostras com 56, 98, 119 e 133 dias foram consideradas significativamente menos aceitas ($P \leq 0,05$) do que a amostra recém produzida (dia 0). Assim considerando a AMT poderíamos escolher 56 dias de armazenamento como tempo de vida de prateleira, pois neste tempo todos os atributos diferenciaram-se do tempo zero.

Tabela 31 – Teste de aceitação com escala hedônica quanto à aceitabilidade global do aroma, dureza, crocância na boca, som e sabor e de escala de intenção de compra.

Aceitabilidade*							
Dias	Global	Aroma	Dureza	Crocância na boca	Som	Sabor	Intenção de compra*
0	6,9 ± 1,2 ^{ab A}	6,8 ± 1,2 ^{a A}	7,4 ± 1,2 ^{ab A}	7,6 ± 1,1 ^{a A}	7,6 ± 1,3 ^{a A}	6,8 ± 1,3 ^{a A}	3,6 ± 1,0 ^{ab}
29	7,0 ± 1,1 ^{a A}	6,8 ± 1,4 ^{a A}	7,5 ± 0,8 ^{a A}	7,5 ± 0,9 ^{a A}	7,3 ± 1,4 ^{ab A}	6,7 ± 1,4 ^{a A}	3,9 ± 0,9 ^a
42	6,4 ± 1,4 ^{abc B}	6,43 ± 1,4 ^{a A}	7,1 ± 0,8 ^{abc A}	7,1 ± 1,2 ^{ab B}	7,1 ± 1,1 ^{ab B}	6,2 ± 1,6 ^{ab B}	3,4 ± 1,0 ^{ab}
56	6,3 ± 1,6 ^{abc B}	6,3 ± 1,3 ^{a B}	6,7 ± 1,2 ^{bc B}	6,7 ± 1,3 ^{b B}	6,9 ± 1,3 ^{b B}	6,1 ± 1,6 ^{ab B}	3,3 ± 1,2 ^b
84	6,2 ± 1,6 ^{bc B}	6,3 ± 1,5 ^{a B}	7,1 ± 1,1 ^{abc A}	7,1 ± 1,2 ^{ab B}	7,1 ± 1,3 ^{ab B}	5,9 ± 1,7 ^{b B}	3,1 ± 1,2 ^b
98	6,1 ± 1,6 ^{c B}	6,43 ± 1,5 ^{a A}	6,5 ± 1,7 ^{c B}	6,4 ± 1,7 ^{b B}	6,6 ± 1,3 ^{b B}	6,2 ± 1,8 ^{ab B}	3,1 ± 1,2 ^b
119	6,1 ± 1,4 ^{c B}	6,35 ± 1,4 ^{a B}	6,7 ± 1,4 ^{bc B}	6,7 ± 1,1 ^{b B}	7,0 ± 0,9 ^{ab B}	6,1 ± 1,6 ^{ab B}	3,2 ± 1,1 ^b
133	6,4 ± 1,4 ^{abc B}	6,43 ± 1,2 ^{a A}	6,9 ± 1,4 ^{abc B}	7,0 ± 1,2 ^{ab B}	7,1 ± 1,0 ^{ab B}	6,30 ± 1,6 ^{ab B}	3,4 ± 1,1 ^{ab}
**D.M.S	0,77	0,66	0,67	0,67	0,65	0,86	0,56
**S	6,51	6,40	7,01	7,29	7,22	6,33	----

Valores expressos como Média ± Desvio-padrão. Em cada coluna, valores seguidos de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($P \leq 0,05$), sendo que: ** letras minúsculas - avaliação das médias pelo D.M.S.: Diferença mínima significativa do Teste de Tukey. *** letras maiúsculas - avaliação das médias pelo S: aceitabilidade mínima tolerável da amostra armazenada.

A comparação entre as alterações que ocorreram com os atributos durante a vida de prateleira, através do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), está apresentada na Tabela 32. Nesta tabela consideramos que coeficientes maiores ou iguais a 0,8 significam forte correlação linear e valores abaixo de 0,6 indicam uma fraca correlação linear. Na Tabela 32 e na Figura 77 pode ser observado que houve uma correlação linear negativa ($r = -0,75$) entre a aceitação global e o tempo de armazenamento, pois quanto maior o tempo de armazenamento menor a nota, o mesmo aconteceu entre dureza e os dias de estocagem ($r = -0,70$), quanto maior o tempo de estocagem menor a aceitação da dureza como pode ser observado na Figura 78. Em relação aos demais atributos estes não demonstraram correlação significativa com o tempo de armazenamento da mandioca *chips*.

Houve uma forte correlação linear positiva entre a aceitação global e os demais atributos avaliados, com r variando de 0,82 a 0,95, (exceto pela aceitação do som), assim como a intenção de compra. Destaca-se a correlação entre a crocância e a dureza, sobre as quais houve uma forte correlação linear positiva com $r = 0,98$, o mesmo ocorrendo entre sabor e aroma com $r = 0,96$. A aceitação do som foi associada à dureza $r = 0,89$ e à crocância $r = 0,95$.

Tabela 32 - Coeficiente de correlação linear de aceitabilidade e intenção de compra dos *chips* durante a vida de prateleira

	Dias	Som	Dureza	Crocância	Aroma	Sabor	Global	Intenção de compra
Dias	-	CNS	- 0,71	CNS	CNS	CNS	- 0,75	CNS
Som	CNS	-	0,89	0,95	0,74	CNS	0,82	CNS
Dureza	- 0,71	0,89	-	0,98	0,77	CNS	0,88	0,80
Crocância	CNS	0,95	0,98	-	0,77	0,71	0,89	0,79
Aroma	CNS	0,74	0,77	0,77	-	0,96	0,92	0,86
Sabor	CNS	NS	CNS	0,71	0,96	-	0,91	0,86
Global	- 0,75	0,82	0,88	0,89	0,92	0,91	-	0,95
Intenção de compra	CNS	CNS	0,80	0,79	0,86	0,86	0,95	-

*CNS – Correlação linear não significativa ao nível de significância de 95%.

Figura 77 – Correlação linear entre a aceitação global da mandioca *chips* e o tempo de armazenamento.

Figura 78 – Correlação linear entre a aceitação da dureza da mandioca *chips* e o tempo de armazenamento.

5.3.6.2 Avaliação das amostras por comparação com o padrão

Os valores médios obtidos por comparação com o padrão (*chips* no tempo 0 de armazenamento) são apresentados na Tabela 33. Quanto à amostra ser inferior ou superior ao padrão, as amostras com 98 e 133 dias foram consideradas significativamente inferiores a $P \leq 0,05$ ao padrão (0 dia), ambas obtiveram médias entre “um pouco inferior ao padrão” e “moderadamente inferior ao padrão”. Quanto à presença de sabor de ranço, as amostras com 84 e 98 dias foram consideradas com sabor de ranço significativamente mais intenso a $P \leq 0,05$ do que o padrão (dia 0) e obtiveram médias entre “muito fraco sabor de ranço” e “fraco sabor de ranço”. Quanto à crocância, as amostras com 56 e 98 dias foram consideradas menos crocantes a $P \leq 0,05$ do que a amostra padrão (0 dia), ambas obtiveram médias entre “pouquíssimo menos crocante que o Padrão” e “um pouco menos crocante que o Padrão”.

Quanto à qualidade global, as amostras com 56, 84, 98 e 133 dias obtiveram notas de qualidade global significativamente menores a $P \leq 0,05$ do que o padrão, estas três amostras foram consideradas com qualidade “regular”.

As diferenças percebidas foram descritas pelos julgadores como:

- Amostra com 56 dias: A amostra foi percebida como menos crocante (5 citações), úmida, gordurosa e apresenta sabor de óleo e de ranço (1 citação).

- Amostra com 84 dias: A amostra apresenta sabor de ranço (3 citações), oxidada, sabor de plástico, de sabão, de velho/mofo, sabor estranho, diferença na crocância.
- Amostra com 98 dias: A amostra foi percebida como menos crocante (4 citações), apresentou sabor de ranço, sabão, gordura, papelão, sabor estranho/químico e sabor diferente.
- Amostra com 119 dias: A amostra apresentou sabor de ranço (2 citações), sabor menos intenso (2 citações), mais salgada, foi percebida como mais dura, menos crocante (2 citações), cerosa, gordurosa.
- Amostra com 133 dias: A amostra apresentou sabor de ranço (3 citações), sabor de velho, sabor menos intenso, foi percebida como mais crocante que o padrão (3 citações), cerosa e farinhenta. Com 119 e 133 dias, foi percebida a cerosidade da gordura empregada.

Comparando-se estes resultados com o índice de peróxido verificamos que em relação ao sabor de ranço o IP está de acordo com os resultados apresentados no item 5.3.3.2, o qual aponta a amostra com 56 dias de armazenamento com o máximo valor do IP, coincidindo com o maior numero de citações de sabor de ranço.

De um modo geral também se pode considerar como critério de definição da vida de prateleira para alimentos industrializados a perda de 50% da qualidade sensorial global (valor médio da escala utilizada) detectada por julgadores treinados. Este nível está associado à possível percepção de perda de qualidade por parte do consumidor, portanto a partir deste critério foi utilizado o atributo de qualidade global como parâmetro da definição da vida de prateleira. Para determinar o tempo de armazenamento em que se atingiu este ponto utilizou-se a equação da regressão linear do gráfico da Figura 79 para calcular este limite, que foi alcançado com 88 dias de estocagem.

Figura 79 – Aceitação da qualidade global durante a vida de prateleira.

Utilizando-se o método de análise de comparação com o padrão para o estudo de vida de prateleira, tanto a crocância quanto o sabor de ranço impactam na avaliação da qualidade global e com maior rigor pode-se tomar como término da vida útil o produto com 56 dias, data em que houve uma diminuição na percepção da qualidade global ou com menor rigor o produto com 98 dias, data em que todos os atributos diferiram do padrão, inclusive a percepção de ser um produto inferior.

Tabela 33 - Avaliação sensorial da mandioca chips quanto ao produto ser inferior ou superior ao padrão, à presença do sabor de ranço, à crocância e à qualidade global.

Amostras (dias)	inferior ou superior ao P	sabor de ranço	crocância	qualidade global
0 Dias				
P (Padrão)	4,6± 1,6 ^a	3,1± 1,3 ^a	2,7± 1,3 ^a	7,1± 1,9 ^a
29	4,7± 1,4 ^a	2,5± 1,4 ^a	2,4± 1,0 ^a	7,2± 1,5 ^a
42	4,6± 1,8 ^a	3,0± 1,7 ^a	2,7± 1,4 ^a	6,5± 1,8 ^a
56	4,0± 1,4 ^a	3,3± 1,5 ^a	3,6± 1,5 ^b	5,6± 1,9 ^b
84	3,9± 1,5 ^a	4,2± 2,2 ^b	2,4± 1,1 ^a	5,1± 3,2 ^b
98	3,3± 1,3 ^b	4,3± 2,1 ^b	4,0± 1,3 ^b	4,7± 2,2 ^b
119	4,2± 1,3 ^a	2,7± 1,0 ^a	2,7± 1,3 ^a	6,5± 1,7 ^a
133	3,7± 1,1 ^b	3,7± 1,7 ^a	2,8± 1,3 ^a	5,5± 2,5 ^b
D.M.S. (5%)	0,85	1,07	0,87	1,31

* Resultado médio entre 20 julgamentos. Valores expressos como média e desvio-padrão. Médias seguidas de letras diferentes do Padrão codificado, diferem estatisticamente do Padrão ao nível de erro de 5%.

D.M.S (5%): diferença mínima significativa do teste de Dunnett ao nível de erro de 5%.

Considerando os resultados obtidos nos itens 5.3.6.1 e 5.3.6.2 e definimos como tempo de vida de prateleira da mandioca *chips* como 56 dias nas condições de embalagem e estocagem estudadas.

Os produtos obtidos a partir da mandioca para a produção de *chips*, disponíveis no mercado e relatados na literatura, são oriundos da laminação do parênquima da raiz com ou sem pré-tratamento, seguido de fritura, porém, até o momento, nenhum produto moldado na forma de *chips* e frito e elaborado a partir de mandioca em pó foi encontrado para a comparação dos resultados, portanto os resultados desta análise sensorial foram comparados aos produtos disponíveis na literatura.

Os produtos tipo *chips* ocupam cada vez mais o mercado de salgadinhos e em geral esses produtos são obtidos a partir de matérias primas amiláceas como batata, mandioca e banana (GRIZOTTO; MENEZES, 2002; GRIZOTTO; MENEZES, 2003). Uma opção, para a valorização e aumento do cultivo da mandioca, seria o desenvolvimento e a produção de salgadinhos fritos tipo *chips* (ROGÉRIO; LEONEL, 2004).

Vitrac et al. (2000) estudaram influência das características de mandiocas de 12 variedades sobre a qualidade da mandioca *chips*, obtida por corte em rodela de 1,5 mm e fritas em óleo de palma por 70 s a 140°C e por 90 s a 160°C. Os autores observaram que não houve correlação entre o conteúdo de amido e açúcares redutores com a textura e com a qualidade dos *chips* para as variedades de mandioca testadas e entre os tratamentos. Em relação ao rendimento houve correlação negativa entre a umidade inicial da mandioca e o rendimento da fritura.

Grizotto e Menezes (2003) estudaram a produção de mandioca *chips* a partir de duas variedades de mandioca a IAC Mantiqueira e IAC 576-70, laminadas em rodela de 2 mm e testando os pré-tratamentos: cocção a vapor, cocção mais secagem e fermentação. As amostras foram fritas a 170°C em gordura hidrogenada vegetal. A aceitação dos *chips* foi feita por provadores usando escala hedônica de 7 pontos, onde as amostras mais aceitas foram as amostras controle e a amostra que sofreu cocção e secagem, obtendo as notas “gostei ligeiramente” para IAC Mantiqueira e “gostei moderadamente” para a IAC 576-70. Todas as amostras fermentadas foram rejeitadas, tendo os autores considerado a secagem como fator importante para a menor absorção de lipídeos.

Grizotto e Menezes (2002) estudaram a correlação entre a medida instrumental da textura usando um texturômetro TAXT2 e a análise sensorial da textura de mandioca *chips*, obtidas das variedades de mandioca IAC Mantiqueira e IAC 576-70, utilizando os pré-tratamentos de cocção a vapor com diferentes tempos, seguido de secagem e do tratamento com imersão em água em ebulição e o tratamento com fermentação. Para a variedade Mantiqueira observaram uma correlação negativa ($r = -0,9$) entre a aceitação sensorial e a dureza, quanto mais duro o *chips* menor a aceitação. A variedade IAC 576-70 foi melhor aceita com a nota “gostei moderadamente”.

Oliveira et al. (2005) desenvolveram uma mandioca *chips* a partir das variedades Brasil (BGM 1660) e Dendê (BGM 1692) testando o processo com e sem branqueamento preliminar a fritura, e avaliaram a aceitação sensorial utilizando escala hedônica de 9 pontos. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as variedades de mandioca e entre os tratamentos quanto à impressão global, sendo a média dos tratamentos de 5,79 (entre “nem gostei/nem desgostei” e “gostei moderadamente”), assim os autores concluíram que a etapa de branqueamento pode ser omitida.

Carvalho, Seccadio e Ferreira (2010) estudaram a mandioca da variedade Água Morna para produzir *chips*, obtidos pela laminação a 1mm e aplicação de três diferentes pré-tratamentos: pré-cozção em água em ebulição por um minuto e secagem em estufa a 50°C por 10 min e por 5 min; cozidas em água em ebulição por um minuto e secas em papel absorvente; e sem tratamento, cortadas e fritas. Em relação à aceitação global não houve diferença significativa entre os tratamentos com cozção mais secagem e com o controle. As notas variaram entre 7,6 e 7,9 porém houve diferença entre estes e a amostra seca em papel absorvente, com nota de 7,2. Em relação à textura não houve diferença entre os tratamentos e o controle, apresentando notas entre 7,5 e 8,1. Houve diferenças entre estes e a amostra seca em papel absorvente com nota 6,9 para a textura.

A mandioca *chips* moldada e frita desenvolvida neste trabalho obteve a nota gostei (7,0), para a aceitação global, valores maiores que os obtidos por Grizotto e Menezes (2003) e Oliveira et al. (2005) porém um pouco menores que as notas obtidas por Carvalho, Seccadio e Ferreira et al. (2010).

As notas de aceitação obtida pela mandioca *chips* moldada e frita em relação à demais mandiocas *chips*, obtidas tradicionalmente pelo corte da raiz e fritura mostrou que o produto desenvolvido neste trabalho é um produto bem aceito pelo consumidor e com vida de prateleira longa nas condições de embalagem e estocagem estudadas.

5.4 Caracterização da mandioca *chips*

A caracterização da mandioca *chips* moldada e frita foi realizada pela determinação de sua composição e de suas características físicas como micro-estrutura e curva de sorção.

5.4.1 Composição

Comparando a o teor de umidade da mandioca *chips* apresentada na Tabela 34, com os valores obtidos por Rogério e Leonel (2004), em *chips* elaborados a partir de batata doce, mandioca, inhame e taro observa-se que o valor de umidade (4,98%) encontrado no presente estudo é maior que o encontrado por estes autores para *chips* de mandioca (4,69%) e de batata doce (3,09), porém menor do que *chips* de inhame (6,72), de mandioquinha salsa (5,64%) e *chips* de taro (5,11). A umidade final de produtos fritos tipo *chips* depende da espessura das fatias, tempo e temperatura de fritura e umidade inicial da matéria prima utilizada (ROGÉRIO;LEONEL, 2004). A mandioca chips moldada e frita tem o valor de umidade dentro do encontrado na literatura para os produtos tipo *chips* o que propicia boa crocância ao produto.

O teor de lipídeos da mandioca *chips* moldada e frita, deste estudo, quando comparado aos de outros tipos de *chips*, apresentou valores semelhantes a mandioca *chips* estudada por Rogério e Leonel (2004), mas teve valores menores do que a batata doce (34,85%), taro (44,16%) e mandioquinha salsa *chips* (36,5%) estudados por esses autores. Carvalho, Seccadio e Ferreira (2010) concluíram que o pré-tratamento de cocção e secagem da mandioca laminada e frita propicia menor absorção de lipídeos durante a fritura, conseguindo uma redução de 5% de lipídeos absorvidos.

TABELA 34 – Composição da mandioca *chips*

Componentes	(%)
Umidade	4,98 ± 0,52
Cinzas	2,83 ± 0,02
Lipídeos	32,68 ± 0,53
Proteínas	0,92 ± 0,01
Carboidratos totais	58,59 ± 0,25
Amido	47,00 ± 0,50
Fibra Bruta	2,91 ± 0,20
Fibra detergente ácido	1,91 ± 0,15
Fibra detergente neutra	2,59 ± 0,10
Sódio	1,82 ± 0,01
Valor calórico teórico	532,16 ± 0,52
kcal/100g	

***Resultados em base úmida, média e desvio padrão de análises em triplicata.**

Existem poucas marcas que produzem mandioca *chips* laminada e frita. A marca *Mandiochips* encontrada nos supermercados do estado de São Paulo tem 35,6% de lipídeos (MANDIOCHIPS, 2011), percentual maior que a encontrada neste estudo, porém a mandioca *chips* laminada e frita da marca americana Joe's tem 25% de lipídeos (JOE'S; LIVE STRONG, 2011), sendo menor que a obtida neste trabalho.

Em relação às diferentes batatas tipo *chips* encontradas no mercado, os teores de gorduras totais encontrados foram 38,8% (RUFFLES, 2001), 32% (STAX, 2011) e 30,8% (YOKI, 2001). Comparando com a mandioca *chips* esta se apresenta dentro da média dos produtos tipo *chips*.

O teor de lipídeos em produtos tipo *chips* está relacionado à espessura, ao tempo e temperatura de fritura (VITRAC, et al. 2002), estando diretamente ligado à dureza e

crocância do produto final, pois quanto maior o teor de lipídeos mais facilmente o *chips* é quebrado proporcionando maior crocância.

Em relação à quantidade de carboidratos totais temos que este é o componente majoritário da mandioca *chips*, sendo o amido o maior representante dos carboidratos. Comparando este resultado com o teor de carboidratos de outras mandiocas *chips* temos que na mandioca *chips* moldada e frita tem uma porcentagem maior do que o encontrado por Carvalho, Seccadio e Ferreira (2010), 56,24%, em *chips* de mandioca elaborados com a variedade Água Morna, assim como o da *Mandiochips* com 56% de carboidratos totais. De acordo com Vitrac et al. (2000) a porcentagem de carboidratos, principalmente amido e amilose, não influenciam na textura nem na absorção de lipídeos dos *chips* de mandioca.

A quantidade de sódio total da mandioca *chips* moldada e frita foi de 1,8%, maior do que o descrito para a mandioca *chips* da marca *Mandiochips* de 0,88%.

5.4.2 Estrutura

A mandioca *chips* foi analisada quanto sua estrutura microscópica com o uso da microscopia eletrônica de varredura (MEV) aplicada a área da secção transversal dos *chips* e à sua superfície. Na Figura 80 está a fotografia da mandioca *chips* moldada e frita obtida para a análise da estrutura.

Figura 80– Mandioca *chips* moldada e frita utilizada para o estudo da estrutura

Nas Figuras 81A, 81B estão apresentadas as micrografias da secção transversal da mandioca *chips*, onde é possível observar um grande número de poros formados pela evaporação da água da massa durante a fritura. As formas e tamanhos dos poros são variados, estão envoltos pela massa original acrescida da gordura absorvida durante a fritura. Observando estas figuras podemos inferir que o grande número de poros propicia à mandioca *chips* uma textura crocante devido a menor força necessária a quebra dos *chips*. A superfície dos *chips*, observada nas Figuras 82A e 82B, mostra-se irregular devido à deformação da massa durante a evaporação da água e formação de poros.

**Figura 81 – Corte transversal da mandioca *chips* com aumento de 50x (A).
Mesma amostra mas com aumento de 100x (B).**

**Figura 82 – Superfície da mandioca *chips* com aumento de 100x (A).
Mesma amostra com aumento de 500x (B).**

5.4.3 Curva de sorção

A curva de sorção da mandioca *chips* representada na Figura 83 foi obtida através da equação de GAB (GUGGHENHEIM, ANDERSON e BOER) com o uso do programa *Statistica V7*. A equação 29 é a que melhor representa a curva de sorção:

$$Y = \frac{((40,77) \cdot (0,85)^X) / ((1 - (0,85)^X) \cdot (1 + ((40,76) - 1) \cdot (0,85)^X))}{(4,54)} \text{ onde:}$$

$$R^2 = 0,99 \quad (\text{Equação 29})$$

Figura 83 – Curva de sorção da mandioca *chips*

As isotermas de sorção são utilizadas para estudar a atividade de água de um produto e prever a vida de prateleira, além de estabelecer as condições de embalagem de um produto, através do estudo da relação de equilíbrio entre a água sorvida e a pressão de vapor ou umidade relativa a uma determinada temperatura, sendo que esta relação depende da composição dos alimentos (PARK; BIN; BROD, 2001). Sobukola et al. (2007) construíram a curva de sorção de *chips* de inhame relatando que a equação de GAB se ajustou melhor à isoterma, além disso relacionaram a atividade de água com a textura instrumental, observando que quanto menor a atividade de água maior a força para a quebra dos *chips*.

Na mandioca *chips* moldada e frita a equação a curva de sorção obtida também se ajustou satisfatoriamente à equação de GAB. Na curva de sorção observa-se que o produto é altamente higroscópico e percebe-se que no tempo zero de armazenamento, a atividade de água foi de 0,35 e após 29 dias passou a 0,46 não aumentando significativamente durante os 133 dias de estocagem, mostrando ser a embalagem de alta barreira ao vapor d'água e o produto estável, pois com atividade de água abaixo de 0,6 não permite o desenvolvimento de microrganismos.

CONCLUSÕES

- Foi possível produzir mandioca *chips*, moldada e frita com uso de ingredientes mínimos, sem glúten e sem produtos de origem animal.
- A mandioca cozida em pó obtida a partir das variedades Manteiga e IAC 576-70 apresentaram composição semelhante, possibilitando a produção da mandioca *chips*, moldada e frita com ambas as variedades.
- A mandioca cozida em pó e a mandioca crua em pó apresentaram características de viscosidade, PI e ISA diferentes, indicando uma contribuição diferenciada de cada uma nas características da mandioca *chips*.
- O uso dos óleos de soja, canola, girassol e milho na formulação e fritura da mandioca *chips* levaram a produção de *chips* com aparência oleosa e com exudação do óleo, sendo um fator de rejeição pelos provadores. A nota de aceitação global foi de 5,1 (nem gostei/nem desgostei).
- A substituição dos óleos vegetais por gordura de palma e a adição de mandioca crua em pó na formulação foram fatores de melhoria na qualidade da mandioca *chips*, aumentando a aceitação do produto, além de alterar as características reológicas, sensoriais e tecnológicas dos *chips*.
- No estudo de melhoria da formulação e processo observou-se que:
 - Quanto menor o tempo de fritura e maior a quantidade de mandioca crua e cozida em pó, maior o teor de umidade dos *chips*.
 - Quanto maior o tempo de fritura e maior a quantidade de mandioca crua e cozida em pó maior a força máxima necessária para a quebra dos *chips*.
 - Há uma forte correlação negativa entre a porcentagem de lipídeos e de umidade, pois quanto maior a umidade dos chips menor a absorção de lipídeos.
 - Não houve influencia da temperatura, tempos de fritura e quantidades de mandioca crua e cozida em pó sobre o volume específico e sobre o parâmetro a^* da cor.
 - A textura dos *chips* é influenciada pelo tempo de fritura e quantidade de mandioca cozida em pó.

- A formulação da massa da mandioca *chips* contendo 100% de mandioca cozida em pó, 6% de mandioca crua em pó, 3% de sal, 3% de gordura de palma e 105% de água, e as condições de processo utilizando a temperatura de fritura de 160°C pelo tempo de 2 minutos, produziram a mandioca *chips* mais aceita pelos provadores em análise sensorial de aceitação. A nota de aceitação global dos *chips* com esta formulação foi 7,0 (“gostei”), sendo esta formulação utilizada para o estudo de vida de prateleira.
- Durante o estudo de vida de prateleira não houve alteração na umidade, atividade de água e na textura instrumental da mandioca *chips* indicando que a embalagem utilizada (sacos de PEAD/Al/PPMO) foi eficiente.
- No estudo de estabilidade oxidativa durante o armazenamento, em relação ao índice de acidez, este aumentou nos primeiros 29 dias de estocagem e depois se manteve constante, para o índice de peróxidos, este atingiu seus maiores valores após 56 dias de armazenamento diminuindo ao final dos 133 dias de armazenamento. Não houve alteração nos valores de TBARS, dienos e trienos conjugados durante o estudo de vida de prateleira.
- A análise sensorial realizada para determinar a vida de prateleira da mandioca *chips* considerando o método de aceitação da Aceitabilidade Mínima Tolerável e o método de comparação das amostras com o padrão (0 dias de armazenamento) apontaram 56 dias como o tempo, a partir do qual, são percebidas as alterações nos atributos avaliados.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a adição de nutrientes como cálcio, ferro e ácido fólico como agentes de enriquecimento nutricional sobre as características físicas, químicas e sensoriais da mandioca *chips*.
- Avaliar a adição de saborizantes e aromatizantes para a diversificação das opções para o mercado da mandioca *chips*.
- Desenvolver novos produtos a partir da mandioca cozida em pó como bolos, biscoitos, tortas e salgadinhos.
- Realizar estudos de automatização do processo de produção da mandioca *chips* assim como da mandioca crua e cozida em pó.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, S.; RAKSHIT, S. K. Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.55, p.287–296, 2003.

ABERA, S.; RAKSHIT, S. K. Effect of dry cassava chip storage on yield and functional properties of extracted starch. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.56, p.232-240, 2004.

ACNielsen, **Os produtos mais quentes do mundo**: informações sobre o crescimento de categorias de alimentos e bebidas em 2007. Relatório Exclusivo de Notícias, ACNielsen Global Services, 2008. Disponível em: <http://br.nielsen.com/reports/documents/OsProdutosMaisQuentesdoMundo_AlimentoseBebidas_pt-BR.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2010.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13526**: Teste de comparação múltipla em análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1995. 9p.

ADINDU. M.N. **Cassava Cyanide Diseases Network**. Nigerian Stored Products Research, Port Harcourt, Nigeria, december 2006. Disponível em: <<http://www.anu.edu.au/BoZo/CCDN/newsletters/CCDNNEWS8.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

AGROFLORESTA. **Como fazer farinha de Carimã**. Agrofloresta.net, dezembro 2007. Disponível em: <http://www.agrofloresta.net/album/main.php?g2_itemId=501>. Acesso em: 02 jul. 2009.

AGROPALMA. Disponível em: <www.agropalma.com.br>. Acesso em: 13 jul. 2010.

AGUIAR, P. A Mandioca e suas origens In: **Mandioca - Pão do Brasil**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1982. p.21-24.

ALOYS, N.; MING, Z. H. Traditional cassava foods in Burundi - A review. **Food Review's International**, [S.l.], v.22, n.1, p.1–27, Nov. 2005.

ALVES, A.; CANSIAN, R. L.; VALDUGA, E. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.2, p.330-337, mar./abr. 2005.

AMMAWATH, W.; MAN, Y. B. C.; YUSOF, S.; RAHMAN, R. A. Effects of type of packaging material on physicochemical and sensory characteristics of deep-fat-fried banana chips. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.82, p.1621-1627, 2002.

ANGGRAINI, V.; SUDARMONOWATI, E.; HARTATI N. S.; SUURS, L.; VISSER, R. G. F. Characterization of Cassava Starch Attributes of Different Genotypes. **Starch/Stärke**, v. 61, n. 8, p. 472-481, 2009.

ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001.

AOACa. Association of Official Analytical Chemists, **Official Methods of Analysis of the AOAC**, 16TH edition, 1995, method 965.22. Sorling Com Gritz.

AOACb. Association of Official Analytical Chemists, **Official Methods of Analysis of the AOAC**, 16TH edition, 1993, method 08-01.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists, **Official Methods of Analysis of the AOAC**, 15TH edition, 1990, method 46.12.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4th ed. Champaign, 1990. [AOCS Official method Cd 8-53].

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4th ed. Champaign, 1990. [A.O.C.S. Official method Ch 5-91].

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.478-484, 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1999. 478p.

ARYEE, F. N. A et al. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **Food Control**, Oxford, England, v.17, p.916-922, 2006.

ASTM – American Society for Testing and Materials. **Standard Methods for Water Vapor Transmission of Materials** E 95 - 96, p. 1-8, Mar. 1995.

BAILEY, J. S. Detection of *Salmonella* cells within 24 to 26 hours in poultry samples with the polymerase chain reaction BAX System. **Journal of Food Protection**, Des Moines. v. 61, n. 7, p. 792-795, Jul. 1998.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial. **Brasil Alimentos**, n.18, jan./fev.,2003.

BELIEA, N.; SIVERTSVIKB, M.; BAERDEMAEKERC, J. Differences in chewing sounds of dry-crisp snacks by multivariate data analysis. **Journal of Sound and Vibration**, London, v. 266, p. 625–643, 2003.

BERBARI, S. A. G. **Desenvolvimento de tecnologia para obtenção de produto formatado e congelado de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), SP.** 2001. 123 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

BRASIL. Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997. Regulamenta a lei que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, 1997. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso: 02 jul. 2009.

BRASIL. Portaria N.º 54 de 30/08/1995 da Secretaria da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Disponível em: <<http://agricultura.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

BRASIL. Resolução 12 de 1978 da CNNPA. Aprova as normas técnicas específicas para alimentos (e bebidas) no território nacional, 1978. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso: 02 jun. 2010.

BRASIL. Resolução 12 de 2001 da ANVISA. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos no território nacional, 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em : 02 jul. 2009.

BRASIL. Resolução nº. 263 de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos cereais, amidos, farinhas e farelos, 2005. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2010.

BRASIL. RES 270 DE 2005 “Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Cremes vegetal”. Disponível em: <http://portal2.saude.gov.br/saudelegis/leg_norma_espeelho_consulta.cfm?id=4016356&highlight=&bkp=pesqnorma&fonte=0&origem=0&sit=0&assunto=&qtd=10&tipo_norma=32&numero=270&data=&dataFim=&ano=&pag=1>. Acesso em: 05 abr. 2011.

BILLIARDERIS, C. G. et al. Thermal characterisation of rice starches: a polymeric approach to phase transitions of granular starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.34, p.6-14, 1986.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, [S.l.], v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2001.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p. 1559-1565, nov. 2002.

BOSKOU, D. Frying Fats. In: SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and functional properties of food lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2003. Cap.16.

BOWLER, P.; WILLIAMS, M. R.; ANGOLD, R. E., A hypothesis for the morphological changes which occur on heating lenticular wheat starch in water. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.32, p.186-189, 2006.

BUTARELO, S. S. et al. Hidratação de Tecidos de Raízes de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e Gelatinização do Amido Durante a Cocção. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.3, p.311-315, jul./set. 2004.

CAMARGO, M. T. L. A. Estudo etnobotânico da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz – Euphorbiaceae), na Diáspora Africana. In: Seminário de Gastronomia em Gilberto Freyre, 1., 2005, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 2003. p. 22-30.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P. RIBEIRO, V. E. R.; CARVALHO, H. P. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p.129-137, 1996.

CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L.L.; FERREIRA, T. Obtenção e avaliação físico-química e sensorial de "chips" de mandioca submetidos a pré-tratamentos. **Revista Ciência Agrária**, v.53, n.2, p.182-187, jul./dez. 2010.

CASCUDO, L. C.; **Dicionário do Folclore Brasileiro**. 3 Ed. Rio de Janeiro: Itatiaia, 1993.2v

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.

CENI, G. C. *et al.* Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p.107-111, jan./mar. 2009.

CENI, G. C. et al. **Indústria de alimentos**: no caminho da inovação e de novos produtos. In: GOUVEIA, F. Inovação Unimep. v.2, n.5, Campinas, UNIMEP: nov./dec.2006. p. 32-37.

CENI, G. C.; et al. Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot Sculenta* CRANTZ). **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p. 107-111, jan./mar. 2009.

CEREDA, M. P. Tiquira e outras bebidas de mandioca. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. Cap.21, p.525-550.

CEREDA, M., P.; VILPOUX, O. Farinhas e derivados. In: **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 576-620.

CHE, L.; LI, D; WANGB, L.; ÖZKAN, N.; CHEN, X. D.; MAOA, Z. Rheological properties of dilute aqueous solutions of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, England, v.74, p.385-389, 2008.

CHEN, J.; KARLSSON, C.; POVEY, M. Acoustic Envelope Detector for Crispness Assessment of Biscuits. **Journal of Texture Studies**, Malden, v.36, p.139–156, 2005.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secr. da Ind. Com. Ciência e Tecnologia, 1982.152p.

COLWELL, K. H.; AXFORD, D. W. E.; CHAMBERLAIN, N.; ELTON, G. A. H. Effect of storage temperature on the aging of concentrated wheat starch gels. **Journal Science of Food Agriculture**, [S.I.], v.20, p.550-555, 1969.

COLORADO. Cervejaria Colorado. Disponível em:<[http:// www.colorado.com.br](http://www.colorado.com.br)> Acesso: 10 jul. 2009.

COOKE, R.; COCK, J. Cassava crops up again. **New Science**, [S.I.], n.17, p.63-68, jun. 1989.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Estabilidade Oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.16, n.26, p.27-32, 2006.

COULTATE, T. P. Food – The Chemistry of its Components. **Series of the Royal Society of Chemistry Paperbacks**, 3rd edition. London, Royal Society of Chemistry, p. 321-339, 1996.

DANIEL-O'DWYER, D. Non-hydrogenated cottonseed oil as a deep-fat frying medium. **Nutrition & Foode Science**, v. 34, n. 4, p. 234-245, 2007.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.1, p. 56-63, jan.-mar. 2006.

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

DU, Z.; BRAMLAGE, W. J. Modified Thiobarbituric Acid Assay for Measuring Lipid Oxidation in Sugar-Rich Plant Tissue Extracts. **Journal of Agriculture of food Chemistry**, v. 40, p. 1566-1570, 1992.

EKE, J.; ACHINEWHU, S. C.; SANNI, L.O. Functional properties of cassava tapioca grits. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v.13, p.427-440, 2010.

ELIASSON, A. C.; GUDMUNDSSON, M. Starch: Physicochemical and Functional Aspects. In: ELIASSON, A. C. **Carbohydrates in food**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. Cap. 10, p.391-468.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. D. **Fundamentos de Tecnologia da Panificação. Série Tecnologia Industrial**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1982. 349p.

EMBRAPA. **EMBRAPA Mandioca e Fruticultura: Sistemas de Produção 8**, Embrapa, 2003. Disponível em:<<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2010.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, 2010. Disponível em: <<http://www.epagri.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2010.

FAGBEMI, A. O.; IJAH, U.J.J. Microbial population and biochemical changes during production of protein-enriched fufu. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v.22, p. 635–640, 2006.

FAO/WHO. Joint FAO/WHO Food standards programme, Codex Alimentarius Commission XII, Supp. 4. Rome, 2008.

FAOSTAT: banco de dados, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2009.

FARHAT, I. A.; BLANSHARD, J. M. V.; MITCHELL, J. R. The modulated differential scanning calorimetry retrogradation of waxy maize starch extrudates: Effects of storage temperature and water content. **Biopolymers**, Malden, v.53, p.411, 2000.

FARIA, E. Z.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: ITAL. 2002. 116 p.

FERRÃO, J. E. M. **A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses e Fundação Berardo, 1992.

FITT, L.E.; SNYDER, E.M. Photomicrographs of starches. In: Whistler, R., BeMiller, J.N., Paschall, E.F. **Starch Chemistry and Technology**. 2.ed. Orlando: Academic Press, 1994. p. 675-680.

FUKUDA, C. Raiz de respeito. **Revista de Agronegócios da FGV**, [S.l.], v. dezembro 2002, p.43-46, jan. 2003.

GOERING H.K.; VAN SOEST P.J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications), **Agricultural Handbook**, N. 379, ARS-USDA, Washington, DC, 20p.

GONÇALVES, L. A. G.; CÁCERES, M. C.; **Inovações na fritura de alimentos**. SBOG - FLORIANÓPOLIS- SET 2005. Disponível em: <http://www.e-science.unicamp.br/laboleos/admin/publicacoes/documentos/publicacao_575_Fritura.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2010.

GRIZOTTO, R. K. **Mandioca “chips”: uma tecnologia de aproveitamento da mandioca (Manihot esculenta Crantz), SP**. 2000. 148 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GRIZOTTO, R. K. **Processamento e Rendimento Industrial da Batata “chips” e Palha**. Disponível em: <[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/minas2005/19%20-%20Processamento%20da%20batata%20chips"%20e%20palha%2001.pdf](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/minas2005/19%20-%20Processamento%20da%20batata%20chips)> Acesso em: 20 maio 2010.

GRIZOTTO, R.; MENEZES, H. C. Effect of cooking on the crispness of cassava “chips”. **Journal of Food Science**, Malden, v.67, n.3, p.1219-1223, 2002.

GRIZOTTO, R.; MENEZES, H. C. Aceitação de “chips” de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p.79-86, 2003.

GROSSI, J. L. S. *et al.* Alterações na composição química no período pós-colheita de raízes de mandioca cultivar Saracura. **Agronomia**, [S.l.], v.38, n°.2, p.59-63, 2004.

GUERROUÉ, J. *et al.* As proteínas de folhas de mandioca: aspectos fisiológicos, nutricionais e importância tecnológica. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.14, n.2, p.133-150, jul./dez. 1996.

HAYAKAWA, K.; TANAKA, K.; NAKAMURA, T.; ENDO, S.; HOSHINO, T., Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.): properties of starch gelatinization and retrogradation, **Cereal Chemistry**, St. Paul, USA, v.74, p.576, 1997.

HINDRA, F.; BAIK, O. Kinetics of Quality Changes During Food Frying. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.46, p.239-258, 2006.

HIZUKURI, S.; ABE, J-I.; HANASHIRO, I. Starch: analytical aspects. In: A.-C. Eliasson, Editor, **Carbohydrates in food**. 2nd ed., Boca Raton: CRC Press, 2006. Cap. 09, p.390.

HOLM, J.; BJÖRCK, I.; DREWS, A.; ASP, N. G. A rapid method for the analysis of starch. **Starch/Stärke**, [S.l.], v. 38, p.224–226, 1986.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, physicochemical proprieties of tuber and root starchs: a review. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, England, v. 45, p.253-267, 2001.

HOUGH, G. et al. Consumer Acceptability Versus Trained Sensory Panel Scores of Powdered Milk Shelf-Life Defects. **Journal of Dairy Science**, New York, v.85, p.2075–2080, 2002.

HOUHOULA, D. P.; OREOPOULOU, V. Predictive study for the extent of deterioration of potato chips during storage. **Journal of Food Engineering**, v.65, p.427-432, 2004.

IAC. JPEG. 2010. Altura: 461 pixels. Largura: 416. 72 dpi. 69,1 kb. Formato JPEG. Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/Horticultura/Historico.asp> >. Acesso em: 13 jul. 2010.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3.ed. São Paulo: IMESP, 1985. V.1, 533p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Confronto das Safras de 2009 e 2010 – Brasil**. Apresenta os valores da produção agrícola brasileira de 2009 e a produção esperada para 2010, Junho 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201006_5.shtm>. Acesso em: 12 jul 2010.

IHEDIOHA, J.I.; CHINEME, C.N. Clinicopathologic implications of shortened fermentation periods in the production of toasted cassava granules (gari). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.58, p.1–11, 2003.

JOE'S. Informação Nutricional. 2011. Disponível em: <<http://www.livestrong.com/thedailyplate/nutrition-calories/food/trader-joes/cassava-chips/>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

JEFFERY, G.H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R.C.; VOGEL. **Análise Química Quantitativa**; 5 ed. LTC 260p., 1992.

- JORGE, N.; JANIERI, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciência. Agrotecnologica**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1001-1007, set./out., 2005.
- JORGE, N.; LUNARDI, V. M. Influência dos tipos de óleos e tempos de fritura na perda de umidade e absorção de óleo em batatas fritas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.635-641, maio/jun. 2005.
- KAUR, A.; SINGH, N.; EZEKIEL, R. Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: effects of prior storage and frying temperatures. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v.11, p.791-803, 2008.
- KITA, A.; LISIN'SKA, G.; GOLUBOWSKA, G. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. **Food Chemistry**, Oxford, England, v.102, p.1-5, 2007.
- KULAS, E.; ACKMAN, R.G. Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 4, p. 1724-1729, 2001.
- KUSHIDA, M. M. **Validação de métodos laboratoriais: avaliação do sistema BAX de análise de *Salmonella sp* em alimentos por Reação de Polimerase em Cadeia (PCR)**. 2005. 194 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciências de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2005.
- LACERDA, L. G.; AZEVEDO, J. A.; CARVALHO FILHO, M.; M. A. S.; DEMIATE, I. M.; SCHNITZLER, E.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, C. R. Thermal characterization of Partially Hydrolyzed Cassava (*Manihot esculenta*) Starch Granules. Brazilian archives of biology and technology v.51 n.6: Nov/Dec, pp.1209-1216, 2008.
- LAMBERT, M.; GEISELMANN, A.; CONDE-PETIT, B.; ESCHER, F starch transformation and struture develoment in prodution and reconstitution of potato flakes. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol**, [S.I.], v.37, p.417-427, 2004.
- LIU, Q. **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. Cap. 7.
- LONGE, O. G. Effects of processing on the chemical composition and energy value of cassava. **Nutrition Report. Institute**, [S.I.], v.21, n.6, p.819-828, 1990.
- LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

MADSEN, M. H.; CHRISTENSEN, D. H. Changes in viscosity properties of potato starch during growth. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.48, p.245–249, 1996.

MANDIOCHIPS. Informação nutricional da mandiochips. 2011. Disponível em: <<http://www.mandiochips.com.br/produtos.php?p=original>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

MARCON, M.J.A.; VIEIRA, M.A.; SANTOS, K.; DE SIMAS, K.N. DIAS DE MELLO, R.; CASTANHO, A.; AMANTE, E.R. The effect of fermentation on cassava starch microstructure. **Journal of Food Process Engineering**, Malden, v.29, p.362–372, 2006.

MARUYAMA, T. T.; ARCE, A. I. C.; RIBEIRO, L. P.; COSTA, E. J. X. Time–frequency analysis of acoustic noise produced by breaking of crisp biscuits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, England, v.86, p.100–104, 2008.

MASSONS, L. et al.; Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. **Grasas y Aceites**, v. 48, Fase. 5, p. 273-281, 1997.

MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada, MG**. 2009. 113 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MEHTA, U.; SWINBURN, B. A review of factors affecting fat absorption in hot chips. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.41, n.2, p.133-154, 2001.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006, 448p.

MENEZES, T.J.B.; SARMENTO, S.B.S.; DAIUTO, E. R. Influência de enzimas de maceração na produção de Puba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.4,out./dez.1998.

MENTEN, J.F.M., GAIOTTO, J.B. E RACANICCI, A.M.C. Valor nutricional e qualidade de óleos e gorduras para frangos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 93-134.

MIN, D. B.; BOFF, J. M. Lipid Oxidation of Edible Oil. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2002. Cap. 11.

MONFERRER, A.; VILLALTA, J. La fritura desde un punto de vista práctico: I. **Alimentos Equipos y Tecnología**, v. 21, n. 3, p. 85-90, 1993.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 463 p.

MORRIS, V. J. Starch gelation and retrogradation. **Trends Food Science and Technology**, [S.l.], v.1, p.2-6, 1990.

NELSON, N. A fotometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, [S.l.], v.153, p.375-380, 1944.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semi-árido baiano. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p.129-134, jan./mar. 2009.

OGUNTOYINBO, F. A. Identification and functional properties of dominant lactic acid bacteria isolated at different stages of solid state fermentation of cassava during traditional gari production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v.23, p.1425–1432, 2007.

OKAFOR, N.; IJIOMA, B.; OYOLU, C. Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. **Journal Applied of Bacteriology**, [S.l.], v.56, p.1-13, 1984.

OLIVEIRA, L. A. et al. **Chips de Mandioca Elaborados com Diferentes Variedades e Processos**, In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 11, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM (Mandioca - Pesquisa – Brasil).

OLOMO, V.; AJIBOLA, O. Processing factors affecting the yield and physicochemical properties of starch from cassava chips and flour. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.55, p.476-481, 2003.

ONUEGBU, G. **Cassava Cyanide Diseases Network**. Nigerian Stored Products Research, Port Harcourt, Nigeria, december 2006. Disponível em: <<http://www.anu.edu.au/BoZo/CCDN/newsletters/CCDNNEWS8.pdf>>. Acesso em: 15 de junho de 2010.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: Métodos Tradicionais, Modificados e Alternativos. **Química Nova**, V. 28, N. 4, p. 655-663, 2005.

PADDMAJA R.J. et al. Suitability of Chemical Parameters in Setting Quality Standards for Deep-fries Snacks. **Food Quality and Preference**. Elsevier, v. 12, p.223-228, 2001. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/foodqual>>. Acesso em: 20/07/2011

PADONOU, S. W.; NIELSEN, D. S.; HOUNHOUIGAN, J. D.; THORSEN, L.; NAGO, M. C.; JAKOBSEN, M. The microbiota of Lafun, an African traditional cassava food product. **International Journal of food Microbiology**, [S.l.], v.133, n.1-2, p.22-30, 2009

PADANOU, S. W.; MESTRES, C.; NAGO, M. C. The quality of boiled cassava roots: instrumental characterization and relationship with physicochemical properties and sensorial properties. **Food Chemistry**, [S.l.], v.89, p.261-270, 2005.

PANGLOLI, P.; MELTON, S. L.; COLLINS, J. L.; PENFIELD, M. P.; SAXTON, A. M. Flavor and Storage Stability of Potato Chips Fried in Cottonseed and Sunflower Oils and Palm Olein/Sunflower Oil Blends. *Journal of food science*, V. 67, N. 1, p. 97-103, 2002.

PARADA, E.; ZAPATA, S. V.; DE FABRIZIO, A.; MARTINEZ, J. L. Microbiological and technological aspects of cassava-starch fermentation. **Word Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v. 12, p. 53-56, 1996.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das Isotermas de Sorção e Modelagem Matemática para a Pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem Desidratação Osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n.1, p.73-77, jan.-abr. 2001.

PARKER, R.; RING, S. G.; The Physical Chemistry of Starch. In: ELIASSON, A. C. **Carbohydrates in food**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. Cap. 24.

PIB SOCIO AMBIENTAL. **Povos Indígenas do Brasil: Cauinagem**. PIB Sócio Ambiental. Disponível em: <<http://pib.socioambiental.org/pt/povo/yudja/648>>. Acesso em: 10 de julho de 2009.

PINEDA, F.; KLEI, B. H. Management of Operations in the Snack Industry. **Management Research News**, [S.l.], v.28, n.2-3, p.118-126, 2005.

PINTO, E. P. et al. Características da Batata Frita em Óleos com Diferentes Graus de Insaturação. **B.CEPBP.AC**, Curitiba, v. 21, n.2, p.293-302, jul-dez 2003.

PLATA-OVIEDO, M.; CAMARGO, C. Effect of acid treatments and drying processes on physico-chemical and functional properties of cassava starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v.77, p.103-108, 1998.

POKORNÝ, J.; KOLAKOWSKA, A. Lipid-Protein and Lipid-Saccharide Interactions. In: SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and Functional Properties of Food Lipids**. Boca Raton: CRC PRESS, 2003. Cap.17.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHIMDT, G. R. Improved speed specificity and limit of determination of an aqueous acid extraction Thiobarbituric acids method of measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v.40, p.2182-2185, 1992.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N.; Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quimimica Nova*, V. 29, N. 4, p. 755-760, 2006.

RAO, M. A.; TATTIYAKUL, J. Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. **Carbohydrate Polymers**, [S.l.], v.38, p.123-132, 1999.

RASTOGI, P.; MATHUR, B.; RASTOGI, S. Fatty acid oxidation and other biochemical changes induced by cooking in commonly used Indian fats and oils. **Nutrition & Food Science**, V. 36 N. 6, p. 407-413, 2006.

RODRIGUES, A. et al. Resíduos industriais da raiz de mandioca na alimentação de bovinos. In: CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p.240-257. Disponível em: <http://www.abam.com.br>. Acesso em: 12 de abril de 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. 1.ed. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326p.

RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; SANDOVAL-ALDANA, A. Evalution of starch retrogradation in cassava flour fron precooked parenchyma. **Revista Colombiana de Química**, [S.l.], v.36, n.1, p.15–30, 2007.

RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; PERLARELKIN, G. C.; BELLO-PÉREZ, L. A. Starch Retrogradation in Cassava Flour From Cooked Parenchyma. **Starch/Stärke**, [S.l.], v.60, p.174–180, 2008.

ROGÉRIO, W. F.; LEONEL, M. Efeitos da espessura das fatias e pré-cozimentos na qualidade de salgadinhos fritos (chips) de tuberculos tropicais. **Alimentos e Nutrução**, Araraquara, v.15, n.2, p.131-137, 2004.

RUFFLES. **Informação nutricional**. 2011. Disponível em: <[http:// www.ruffles.com.br](http://www.ruffles.com.br)> . Acesso em 22/07/2011.

SAGUY, S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects aspects. **Journal of Food Engineering**, V. 56, p. 143–152, 2003.

SAHORÉ, D. A.; NEMLIN, G. J.; KAMENAN, A. Changes in nutritional properties of yam (*Dioscorea* spp.), plantain (*Musa* spp.) and cassava (*Manihot esculenta*) during storage. **Tropical Science**, [S.l.], v.47, n.2, p.81-88, 2007.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J., Alterações física, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **FI – Food Ingredients south américa**. São Paulo, v.1, n.ano III, p.64-71, 2002.

SALVADOR, A.; VARELA, P.; SANZ, T.; FISZMAN, S. M. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. **LWT - Food Science and Technology**, [S.l.], v.42, p.763–767, 2009.

SANTOS, G. S.; MARQUES, E. P.; SILVA, H. A. S.; BEZERRA, C.W.D. MARQUES, A. B. Identificação e quantificação do cristal violeta em aguardentes de mandioca (Tiquira). **Química Nova**, [S.l.], v.28, n.4, p.583-586, 2005.

SASAKIA, T.; KOHYAMAA, K.; YASUIB, T. Effect of water-soluble and insoluble non-starch polysaccharides isolated from wheat flour on the rheological properties of wheat starch gel. **Carbohydrate Polymers**, [S.l.], v.57, p. 451–458, 2004.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. et al. Embalagens plásticas flexíveis - principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, 2002. 267p.

SCHOCH, T. J. **Swelling power and solubility of granular starches. Methods in carbohydrates chemistry**. Londron: Academic Press, 1964. V.4, p.107-108.

SEAGRI – Secretaria de Agricultura, 2003. Disponível em:<http://www.seagri.ba.gov.br/mapa_agricola>. Acesso em: 5 de abr. de 2003.

SHANTA, N.C.; DECKER, E.A. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. **Journal of AOAC International**, vol. 77, n.2, 1994.

SILVA, F. A M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para Avaliação do Grau de Oxidação Lipídica e da Capacidade Antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n.1, 1999.

SILVA, J. F. Instruções para Produzir Farinha de Mesa. In: Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 9., 1995, **Anais...** Salvador: MAARA, EMBRAPA e CNPMF, 1995.

SILVA, J. R. B. Mandioca e outras raízes tropicais: uma base alimentar da humanidade no século XXI. In: Congresso Latino Americano de Raízes tropicais, 1., Congresso Brasileiro de Mandioca, 9., 1996, São Pedro. **Anais...** São Pedro: [s.n.], 1996. p.12-14.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de Métodos de Análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Ed. Varela, 2007, 552p.

SMOUSE, T.H. Factors affecting oil quality and stability. In: **Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods**. WARNER, K.; ESKIN, N.A.M. Champaign, IL: AOCS, p.17, 1995.

SOBRAL, P.J.A.; HABITANTE, A. M. Q. B. Phase transitions of pigskin gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 377-382, 2001.

SOBUKOLA, O. P. et al. Water Sorption Isotherms and Crispness of Fried Yam Chips in the Temperature Range From 293K to 313K. **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 561-575, 2007.

SOMOGYI, M. A new reagent for determination of sugars. A new Sugar Reagent. **Journal of Biological chemistry**, [S.I.], p.61-68, may.1945.

SOUZA, L. S. S.; FIALHO, O. J. F. **Embrapa Mandioca e Fruticultura: Importância econômica**. Embrapa, janeiro 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm. Data de Acesso:12 de abr. de 2010.

SOUZA, M. J. L.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C.; SEDIAYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32,n. 1, p. 45-53, 2010.

SRIROTH, K. et al. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, [S.I.], v.38, p.161-170, 1999.

STAX. **Informação nutricional**. 2011. Disponível em: <http://www.paodeacucar.com.br/detalhe.asp?categoria=catMercearia&subcategoria=catBataFrita&idproduto=5125166>. Acesso em 22/07/2011.

SZCEZESNIAK, A. S. The Meaning of Textural Characteristics – Crispness. **Journal of Texture Studies**, v. 19, n.1, p. 51-59, 1988.

TAIWO, K. A. Utilization potentials of cassava in Nigeria: the domestic and industrial products. **Food Reviews International**, [S.I.], v.22, p.29-42, 2006.

TANAMATI, A. C. **Instabilidade Oxidativa do óleo de soja submetido à fritura de alimentos congelados, PR**. 2008. 119 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

TEIXEIRA NETO, R.O.; QUAST, D.G. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, n.1, p.141-197, jun., 1977.

TERRA BRASILEIRA. Disponível em:<<http://www.terrabrasileira.net>>. Acesso em: 10 de jul. de 2009.

VALENZUELA, A. et al. Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. **Aceites & Grasas**, 53, Tomo XII, N. 4, p. 568-573, 2003.

VERGARA, P.; WALLY, A. P.; PESTANA, V. R.; BASTOS, C.; ZAMBIAZI, R. C. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.24, n.1, p.207-220, 2006.

VILPOUX, O. F.; Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.11, p.27-38, 2008.

VITRAC, O.; DUFOUR, D.; TRYSTRAM, G.; RAOULT-WACK, A. L. Deep-fat frying of cassava: influence of raw material properties on chip quality. **Journal of Science of Food Agriculture**, [S.l.], v.81, p.227-236, 2000.

VITRAC, O.; DUFOUR, D.; TRYSTRAM, G.; RAOULT-WACK, A. L. Characterization of heat and mass transfer during deep-fat frying and its effect on cassava chip quality. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v.53, p.161-176, 2002.

VYNCHÉ, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in thioracetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leinfelden, v.72, n.12, p.1084-1087, 1970.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. M. X. Amido disponível e resistente em alimentos: Adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentação e Nutrição**, v. 16, n. 1, p. 39-43, jan/mar. 2005.

WARNER, K. Chemistry of frying oil. In: AKOH, C. C.; MINN, B. **Food Lipids, Chemistry, Nutrition and Biotechnology**. 3.ed. Boca Raton: CRC PRESS, 2002. Cap.7.

WARNER, K.; GUPTA, M.; Potato Chip Quality and Frying Oil Stability of High Oleic Acid Soybean Oil. In: Sensory and Nutritive Qualities of Food. **Journal of Food Science**. V. 70, N. 6, 2005—395p.

WESTBY, A.; CEREDA, M. P. Production of Fermented Cassava Starch. **Tropical Science**, London, v.34, n.2, p.203-310, 1994.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. **Starch: Chemistry and Technology**. Academic Press, Inc., 1984.

XIE, F.; YU, L.; SU, B.; LIU, P.; WANG, J.; LIU, H.; CHEN, L.; Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. **Journal of Cereal Science**, [S.l.], v.49, p.371-377, 2009.

YOKI. Informação Nutricional. Disponível em:
<<http://www.comperdelivery.com.br/ch/prod/378299/0/0/3573/6602/batata-frita-yokitos-natural-lisa-com-sal-50g.aspx>>. Acesso em: 22/07/2011.

ZAIDUL, I. S. M. et al. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam and cassava starches. **Carbohydrates Polymers**, [S.I.], v.69, p.784-791, 2007.

ZIAIFAR, A. M. et al. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, p.1410–1423, 2008.

ZOBEL, H.F. Starch crystal transformations and their industrial importance, **Starch/Stärke**, [S.I.], v. 40, p.1-5, 1988.