

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**OBTENÇÃO DE MASSA DE MANDIOCA COM ADIÇÃO DE  
MALTODEXTRINA DE AMIDO DE MILHO WAXY.**

**ADRIANA LIMA MORO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**OBTENÇÃO DE MASSA DE MANDIOCA COM ADIÇÃO DE  
MALTODEXTRINA DE AMIDO DE MILHO WAXY.**

**ADRIANA LIMA MORO**

Bióloga

**Orientador:** Prof. Dr. Cláudio Cabello

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Moro, Adriana Lima, 1982-  
M867o Obtenção de massa de mandioca com adição de maltodextrina de amido de milho Waxy / Adriana Lima Moro. - Botucatu : [s.n.], 2009.  
ix, 65 f. : il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Cláudio Cabello  
Inclui bibliografia

1. Mandioca. 2. Massa Alimentícia. 3. Retrogradação. 4. Maltodextrina. 5. Aditivos. I. Cabello, Cláudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "OBTENÇÃO DE MASSA DE MANDIOCA COM ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA  
DE AMIDO DE MILHO WAXY"**

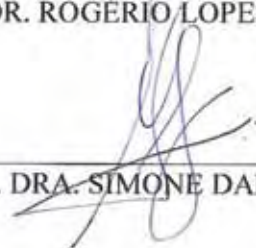
**ALUNA: ADRIANA LIMA MORO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO CABELLO**

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDIO CABELLO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. SIMONE DAMASCENO GOMES

Data da Realização: 28 de janeiro de 2009.

**OFEREÇO**

A DEUS POR SER MEU SUSTENTO EM TODOS OS MOMENTOS  
A NOSSA SENHORA POR ME ENSINAR A CAMINHAR A JESUS

**MENSAGEM**

*“Nada te perturbe. Nada te espante. Tudo passa. Deus não muda.*

*A paciência tudo alcança; quem a Deus tem nada lhe falta. Só Deus basta”.*

*(Santa Tereza D’Ávila)*

**DEDICO**

Ao meu esposo Edeimar  
Aos meus pais Amilton e Rita Lima  
À minha filha que ansiosamente espero Catarina  
Aos meus irmãos Alessandra, Ariana, Anderson e Alysson

## AGRADECIMENTO

A Deus por ser meu sustento, minha fortaleza, meu amparo, meu abrigo e minha alegria em todos os momentos de minha vida.

Ao meu esposo Edemar Moro, muito do que sou devo a você, sempre me incentivou e me ajudou em todos os momentos. Sou muito feliz por ter você ao meu lado.

Aos meus pais, sem eles não teria o sustento e o apoio para enfrentar as dificuldades. Essa vitória também é de vocês.

Aos meus irmãos Alessandra, Ariana, Anderson e Alysson, meus queridos e companheiros, minha vida é muito melhor por ter vocês comigo.

Aos meus sobrinhos Raquel, Mariane, Lucas e João Pedro minhas alegrias.

À família do meu esposo; sogro, sogra e cunhados, obrigada pela força e apoio durante todo este tempo.

Ao Prof. Dr. Cláudio Cabello, pelo direcionamento, apoio, orientação e por acreditar que este trabalho seria possível.

Aos amigos Dácio e Ana Paula Olibone pela acolhida, companheirismo e amizade durante todo esse tempo.

Aos amigos de laboratório Priscila, Eloneida, Tânia, Lizandra e Sérgio pela disponibilidade no campo, e especialmente ao Luís por sua paciência e apoio em todos os momentos.

Aos amigos Alaine, Lilyam e Eduardo Michaloski, Sandra, Cynthia, André, Raquel e Mauricio pela amizade de vocês e por tornarem nossa estadia nesta cidade mais alegre.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Magali Leonel por esta sempre disposta a ajudar.

Aos funcionários do CERAT pela dedicação e competência de cada um.

À todos os colegas do curso da pós-graduação pela amizade e companheirismo.

À minha filha que desde já muito amada, espero ansiosa Catarina.

## SUMÁRIO

<b>1. RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
4.1. Caracterização da cultura da mandioca .....	7
4.1.1. Composição da mandioca.....	8
4.2. Produção da raiz .....	10
4.3. Mandioca de mesa e a variedade IAC 576 .....	12
4.4. Amido .....	16
4.4.1. Composição do amido .....	17
4.4.2. Amido de milho waxy .....	19
4.5. Maltodextrina .....	20
4.5.1. Retrogradação.....	22
4.6. Deterioração de raízes, tempo de armazenamento e técnicas de conservação. ....	23
4.7. Cocção e textura de massa cozida .....	26
4.8. Análise Sensorial .....	27
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
5.1. Coleta e processamento das raízes.....	29
5.2. Análises nas amostras dos tratamentos.....	33
5.3. Produção de maltodextrina .....	33
5.4. Caracterização da matéria prima .....	35
5.4.1. Umidade .....	36
5.4.2. Cinzas .....	36
5.4.3. Fibra.....	36
5.4.4. Matéria graxa.....	36
5.4.5. Proteína.....	36
5.4.6. Açúcares Redutores (AR).....	36
5.4.7. Acidez total titulável e pH.....	36
5.4.8. Amido .....	37
5.5. Análise nas amostras dos tratamentos .....	37
5.5.1. Açúcares redutor (AR).....	37
5.5.2. Umidade .....	37
5.5.3. Acidez total titulável e pH.....	37
5.5.4. Textura.....	37
5.5.5. Sinérese.....	38
5.5.6. Análise microbiológica.....	38
5.7. Análise Sensorial. ....	39
5.6.1. Teste de Aceitabilidade .....	38
5.7. Planejamento experimental.....	40

5.7.1. Análise estatística.....	40
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
6.1. Caracterização da matéria-prima .....	42
6.2. Efeito dos tratamentos na massa de mandioca .....	42
6.2.1. Concentração de Açúcares Redutores (AR) .....	44
6.2.2. Índice pH .....	45
6.2.3. Acidez total titulável (ATT).....	47
6.2.4. Teor de umidade.....	48
6.2.5. Análise de textura .....	48
6.3. Análise Microbiológica.....	50
6.4. Sinérese.....	52
6.5. Teste de aceitabilidade do purê e mandioca frita .....	52
6.5.1. Aceitabilidade do purê de mandioca .....	52
6.5.2. Aceitabilidade da massa de mandioca frita .....	54
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>8. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>58</b>



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Produção de raízes, tempo de cozimento culinário, teor de HCN e cor da polpa de variedades de mandioca de mesa.....	13
<b>Tabela 2.</b> Adição de diferentes concentrações de maltodextrina na massa cozida de mandioca armazenada em condições ambientais e refrigerada em diferentes dias.....	33
<b>Tabela 3.</b> Valores médios da composição centesimal da raiz de mandioca 576-70.....	41
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de açúcares redutores (%) na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente .....	42
<b>Tabela 5.</b> Valores médios de açúcares redutores (%) na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).....	43
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de pH na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.....	45
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de pH na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C). .....	45
<b>Tabela 8.</b> Valores AT (%) em massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.....	46
<b>Tabela 9.</b> Valores AT (%) na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).....	47
<b>Tabela 10.</b> Valores médios da textura (g/f) nas amostras de massa de mandioca cozida nos tratamentos com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.....	49
<b>Tabela 11.</b> Valores médios da textura (g/f) nas amostras de massa de mandioca cozida nos tratamentos com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).....	50
<b>Tabela 12.</b> Análises microbiológicas na massa de mandioca (em UFC/g) no zero e quinze DAP (dias após o preparo).....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolução da produção mundial de mandioca .....	11
<b>Figura 2:</b> Evolução da produção brasileira de mandioca.....	11
<b>Figura 3.</b> Participação por regiões brasileiras na produção estimada de raiz de mandioca....	172
<b>Figura 4.</b> Estrutura química da amilose.....	197
<b>Figura 5.</b> Representação da estrutural da amilopectina .....	208
<b>Figura 6.</b> Estrutura química da amilopectina, ilustrando as ligações $\alpha$ -1,4 e $\alpha$ -1,6 e a estrutura geral da molécula.....	18
<b>Figura 7.</b> Fluxograma do processo de desenvolvimento da massa de mandioca e produção de corpos de prova.....	30
<b>Figura 8.</b> Raízes descascadas, picadas e sem pavio.....	31
<b>Figura 9.</b> Amostras prontas para o processo de cozimento em alto clave.....	31
<b>Figura 10.</b> Raízes cozidas prontas para o processo de moagem.....	32
<b>Figura 11.</b> Moedor industrial, usado na mistura na massa e tratamentos.....	32
<b>Figura 12.</b> Amostras da massa de mandioca cozida embaladas a vácuo.....	33
<b>Figura 13.</b> Fluxograma da produção de maltodextrina de amido de milho waxy .....	35
<b>Figura 14.</b> Escala Hedônica da análise sensorial do teste de aceitabilidade .....	40
<b>Figura 15.</b> Perfil dos teores de açúcares redutores nas amostras de massa de mandioca em temperatura ambiente e sob refrigeração, em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento. ....	44
<b>Figura 16.</b> Perfil dos valores de pH nas amostras de massa de mandioca em temperatura ambiente e sob refrigeração, em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.....	45
<b>Figura 17.</b> Perfil dos valores acidez titulável nas amostras de massa de mandioca em temperatura ambiente e sob refrigeração, em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento .....	47
<b>Figura 18.</b> Perfil dos valores de umidade nas amostras de massa de mandioca em temperatura ambiente e sob refrigeração, em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.....	48

- Figura 19.** Perfil dos valores de textura nas amostras de massa de mandioca em temperatura ambiente e sob refrigeração, em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.....50
- Figura 20.** Amostra ao sete DAP (sob condição ambiente) com formação de bolores.....51
- Figura 21.** Aceitabilidade da cor do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....52
- Figura 22.** Aceitabilidade da aparência do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....53
- Figura 23.** Aceitabilidade da textura do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....54
- Figura 24.** Aceitabilidade da cor da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....55
- Figura 25.** Aceitabilidade da aparência da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....55
- Figura 26.** Aceitabilidade da textura da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca.....56

## 1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma massa alimentícia produzida a partir de mandioca cozida para utilização em diversos fins culinários. Foram investigadas as características sensoriais, químicas e microbiológicas dessa massa alimentícia de mandioca e também parâmetros que interferem na vida de prateleira do produto final. A variedade de mandioca foi a IAC 576-70, classificada como de mesa, colhida com idade fisiológica de 14 meses e estocada por 24 horas. Em seguida as raízes foram descascadas, cortadas em toletes e retirado o cordão central nas raízes. Foram colocadas em alto clave a 100°C por 40 minutos e em seguida moídas onde receberam adição de maltodextrina de amido de milho waxy 0, 5, 10 e 15%, para a diminuição da retrogradação e adição de ácido cítrico a 1% no controle da contaminação microbiológica. As amostras foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas a temperatura refrigerada (10°C ± 0,5 °C) e em temperatura ambiente, para análises físico, químicas e microbiológicas. Os lotes de amostras foram produzidos em triplicatas com 7 períodos de avaliações (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12). Houve diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) tanto em relação ao tempo como ao armazenamento para os teores de açúcar redutor, acidez titulável e textura, e os teores de umidade e pH não variável significativamente. O tratamento com adição de maltodextrina a 15% apresentou o melhor resultado contra o aumento da textura. O comportamento destes fatores durante a vida de prateleira não afetou os parâmetros sensoriais avaliados em produtos culinários da massa (purê e mandioca frita). Não ocorreu sinérese nas amostras. Aos sete DAP (dias após o preparo), a contaminação microbiológica na condição ambiente foi visualmente

alta, sendo descartado esse lote. O lote em condição refrigerado seguiu suas avaliações até o 14º DAP.

Palavras-chave: Manihot esculenta C., massa alimentícia, retrogradação.

OBTAINING OF MASS OF CASSAVA WITH ADDITION OF MALTODEXTRINA OF STARCH OF MILHO WAXY. Botucatu, 2009, 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ADRIANA LIMA MORO

Adviser: CLÁUDIO CABELLO

## **2. SUMMARY**

This work had as objective the development of a nutritious mass produced starting from cooked cassava for use in the several ends culinary. Were investigated the sensorial characteristics, physics chemistries and microbiological this foodstuffs mass of cassava and also parameters that interfere in the shelf life of the finish product. The cassava variety was IAC 576-70, classified as of table, picked with physiologic age of 14 months and stocked by 24 hours and soon afterwards they were peeled, cut in thole and withdraw central cord in the roots. They were put in high key to 100°C for 40 minutes and soon afterwards ground where received treatments with addition of maltodextrina of starch of corn waxy 0 were, 5, 10 and 15%, and citric acid addition to 1% that searched for to reduce the retrogradação and to control the contamination microbiological. The samples were conditioned in packings of polyethylene and stored the refrigerated temperature (10°C ± 0,5 °C) and in room atmosphere. The lots of samples were produced in triplicates with 7 periods of evaluations (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12). There were significant differences statistically ( $p \leq 0,01$ ) so much in relation to the time as to the storage for the tenors of sugar reducer, acidity titulável and texture, and the humidity tenors and pH they stayed unaffected. The treatment with maltodextrina addition to 15% presented the best result against the increase of the texture. The behavior of these factors during the shelf life didn't affect the appraised sensorial parameters in culinary products of the mass (purée and fried cassava). It didn't happen syneresis in the samples. To seven DAP (days after the preparation), the contamination microbiological in the environment condition was visually high, being discarded this lot. The lot in condition refrigerated followed their evaluations until 14th DAP.

Key words: Cassava, foodstuffs mass, waxy, retrograde.

### 3. INTRODUÇÃO

A mandioca constitui uma das mais importantes fontes de alimento para as populações de baixa renda do mundo tropical. A mandioca é uma cultura basicamente produtora de carboidratos, que são armazenados nas raízes, aos quais representam o principal valor econômico da planta e, em vários países é tida como um alimento predominante na dieta diárias. Segundo Cuenca e Mandarino (2006) existem atualmente no Brasil 38 milhões de hectares ocupados com culturas anuais, dos quais cerca de 26,79 milhões são destinados a mandioca. Seu cultivo é realizado em todo o território nacional, com a utilização das mais variadas tecnologias.

A planta da mandioca tem a maior parte de sua produção destinada à alimentação humana através do consumo de suas raízes na forma *in natura*. A mandioca é cultivada nas mais diversas regiões do Brasil e sua produção tem sido dirigida tanto para consumo direto como para indústria de transformação, onde é utilizada na elaboração de diversos produtos como fécula, farinha de mesa, raspas, polvilhos entre outros.

No Brasil a produção de mandioca destina-se ao mercado hortícola e as indústrias de transformação. Atualmente a industrialização da mandioca está ganhando espaço. A migração da população para centros urbanos, e a agitada vida na cidade revela uma demanda de alimentos pré-prontos *fast food*, e novas opções são produtos desenvolvidos a partir de raízes de mandioca como pré-cozida, palitos, massas cozidas, *chip*, entre outros.

Injúrias sofrida pelas raízes de mandioca durante o período de colheita ou dificuldade no armazenamento criam barreiras para o aumento do consumo desta raiz na

forma *in natura*, de modo que o desenvolvimento de novos produtos alimentícios para a população, ampliaria o leque do mercado de consumo da mandioca e agregaria valor ao produto.

Uma das alternativas de desenvolvimento de novos produtos são os bolinhos de mandioca, ou croquetes congelados. Esses bolinhos podem ser fabricados com os resíduos da industrialização na forma de toletes e das pontas descascadas, ou a partir de mandiocas inteiras podendo tornar-se a atividade principal desta fabricação (VILPOUX & CEREDA, 2003).

A variedade de mandioca IAC 576-70 é a preferida no estado de São Paulo, devido a sua alta produtividade, bom cozimento e boas qualidades sensoriais. Sua coloração amarela facilita assim sua aceitação em produtos desenvolvidos como massa alimentícia, dando características organolépticas desejadas (LORENZI, 2003).

Um problema em massas alimentícias congeladas é o fenômeno da retrogradação, que ocorre devido à condensação das cadeias lineares das amiloses, afetando o produto final com a formação de placas rígidas indesejáveis. Um aumento da presença de amilopectina diminui este efeito e retarda o processo de cristalização da massa. Kearsley & Dziedzic (1995) relatam que as maltodextrinas são carboidratos de baixa densidade, totalmente solúveis em água e não possuem aroma de amido, sendo que em algumas aplicações são indicados para diabéticos. As maltodextrinas são biopolímeros originados da hidrólise parcial do amido e têm extensa utilização como ingrediente por proporcionar características desejáveis a alimentos processados.

O amido de milho cerosos ou waxy é utilizado para produção de maltodextrina, polímeros de sacarídeos nutricionais resultantes da hidrólise do amido devido a sua alta porcentagem de amilopectina e por ser uma fonte natural de apoio ao retardamento da retrogradação ocorrida em menor tempo nos derivados de mandioca. Germani (1981) relata que amidos cerosos com cerca de 100% de amilopectina retrogradam muito vagarosamente por causa da dificuldade com que grandes moléculas ramificadas têm de cristalizar.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma massa de mandioca com características adequadas ao consumo humano, e o controle da retrogradação com a adição de maltodextrina de amido de milho waxy. Como também avaliar algumas características físico-



químicas, microbiológicas e sensoriais relacionados com o modo de armazenagem e tempo de disponibilidade para o consumo deste produto.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Caracterização da cultura da mandioca**

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma planta da família *Euphorbiaceae*, uma das maiores no grupo das dicotiledôneas. De acordo com Lorenzi (2003) a espécie é a única cultivada dentro do gênero *Manihot* e que, a alta heterozigosidade, decorrente dos cruzamentos naturais intraespecíficos, resultando em grande número de variedades com diferentes características morfológicas, confere a cada planta maior adaptação a variadas condições de clima e de solo, assim como resistência e/ou tolerância a pragas e doenças.

De acordo com Cock (1990), a mandioca é uma planta arbustiva lenhosa perene, de 1,3-5m de altura, sendo plantada por estacas retiradas das ramas. Apresenta forte dominância apical e desenvolvimento de raízes laterais armazenadoras de grande quantidade de amido.

A cultura da mandioca é de fácil propagação, tolerante a pragas e doenças. No entanto, tem baixa resistência ao frio, apresenta um longo período de crescimento e alto potencial de deterioração fora do solo. Estas mudanças ocorrem após 2 a 3 dias da colheita devido a processos fisiológicos seguidos pela deterioração microbiológica e após 5 a 7 dias devido ao elevado teor de umidade (PLUMBLEY; RICKARD, 1991).

O ciclo vegetativo da mandioca é composto por cinco fases, sendo quatro iniciais e uma de repouso. Na primeira fase, chamada de brotamento da maniva surge às primeiras raízes fibrosas que se situam próximas às gemas e nas extremidades das manivas.

Na segunda fase durante aproximadamente 70 dias após a emergência (DAE) é formado o sistema radicular constituído por raízes fibrosas. Durante a terceira fase, por volta de 90 DAE ocorre a formação da parte aérea, as folhas alcançam seu desenvolvimento máximo, persistindo na planta. Na quarta fase acontece a migração das substâncias de reservas para as raízes de armazenamento. Nessa fase cessa o crescimento longitudinal das raízes e acentua-se o crescimento radial em função da deposição de amido. Na fase de repouso, a planta perde a folhagem naturalmente, encerrando as atividades vegetativas e permanecendo apenas a migração das substâncias de reservas para as raízes (TERNES, 2002).

#### **4.1.1. Composição da mandioca**

A mandioca apresenta em sua composição uma média de 68,2% de umidade, 30% de amido, 2% de cinza, 1,3% de proteína, 0,2% de lipídeo e 0,3% de fibras (ALBUQUERQUE et al.,1993). Segundo Feniman (2004) as raízes de mandioca são essencialmente energéticas, apresentando altos teores de carboidratos, principalmente polissacarídeos.

Segundo Bezerra (2002) em termos nutricionais, a mandioca pode ser considerada primariamente como uma fonte de energia barata que contribui para a nutrição dos consumidores, as quais necessitam de outros alimentos como fontes de proteínas, vitaminas, minerais e gorduras. Oliveira et al (2003) afirma que a composição da mandioca caracteriza esta uma matéria prima rica em amido, sendo que as variedades amarelas podem apresentar teores apreciáveis de caroteno e de vitamina C.

Os carboidratos são os primeiros compostos orgânicos produzidos nas células fotossintéticas das plantas a partir do dióxido de carbono e da água, graças à radiação solar. De todas as substâncias orgânicas existentes, os carboidratos são os mais amplamente distribuídos e abundantes. (ORDÓNEZ, 2005). De acordo com Bezerra (2000), em termos de bioquímica, as raízes de mandioca são energéticas por excelência, tendo em sua composição 92,5% de carboidratos, principalmente amido.

Segundo Moorthy (1994) as plantas tuberosas são muito ricas em amido e constituem uma fonte útil de carboidrato. Entre as cultivares por ele pesquisadas a mandioca foi a que apresentou os maiores teores de amido, sendo, portanto, uma matéria

prima adequada para obtenção de diversos produtos por hidrólise (KEARSLEY & TABIRI, 1979).

Lorenzi (2003), relata que uma das principais características química em raízes de mandioca é a presença dos chamados cianoglicosídeos (compostos ciânicos) e também de enzimas que degradam estes compostos e liberam ácido cianídrico (HCN), que é o principal princípio tóxico desta planta. Os compostos ciânicos e suas respectivas enzimas estão distribuídos por toda a planta e em concentrações variáveis, sendo que, para sua utilização mais segura como alimento, devem ser utilizados processos de destoxificação como simples fragmentação e secagem do material, o que provoca volatilização do ácido cianídrico.

O teor de ácido cianídrico na mandioca varia em função do genótipo (variedades), estado fisiológico da planta, condições ambientais, e métodos de cultivo. Assim, de acordo com este teor e, para a polpa das raízes, a mandioca é classificada em mansa ou brava. A forma mais utilizada para verificar essa diferença é a degustação da polpa das raízes cruas: geralmente as bravas são mais amargas e as mansas doces (devido à subjetividade sensorial deste método ele torna sua utilização restrita). A classificação usual e objetiva é a quantidade total de ácido cianídrico que uma determinada amostra é capaz de liberar. Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas, essa classificação é baseada no resultado de inúmeras análises químicas de raízes de mandiocas cultivadas no estado de São Paulo (LORENZI, 2003):

- mansas – menos de 100 ppm de HCN na polpa crua das raízes
- intermediárias – de 100 a 200 ppm
- bravas – mais de 200 ppm

Segundo Cereda et al (2003) a redução efetiva do nível de compostos cianogênicos requer duas fases consecutivas como enfatizado por (CAGNON et al, 2002):

01- Ralação ou trituração das raízes, que permitem a ruptura das células liberando a linamarase, enzima capaz de hidrolisar a linamarina em glicose e cianoidrina;

02- Aquecimento da massa de raízes raladas para remover os resíduos de cianeto livre (acetonacianidrina e HCN).

Segundo Lorenzi (2003) outros processos como fermentação, prensagem e lavagem, e calor (acima de 180°C) também podem ser utilizados com sucesso na

destoxificação da mandioca. Para Cereda et al (2003) o uso culinário é uma acertada condição de destoxificação das raízes de mandioca. Com a remoção do córtex das raízes é removido 81% do cianeto potencial, dos 19% que restam no parênquima (polpa ou cilindro central), a redução mais relevante ocorre no cozimento e fritura, que reduz em 56% o teor de cianeto potencial da polpa, ou seja, em torno de 92% do cianeto total presente na raiz crua.

#### **4.2. Produção da raiz**

Segundo Cuenca & Mandarino (2006), existem atualmente no Brasil 38 milhões de hectares ocupados com culturas anuais, dos quais cerca de 26,79 milhões são destinados a mandioca. Seu cultivo é realizado em todo o território nacional, com a utilização das mais variadas tecnologias.

Com uma produção acima de 200 milhões de toneladas (Figura 1), a mandioca constitui uma das principais explorações agrícolas do mundo e vem crescendo significativamente nos últimos anos (CONAB, 2006). Dentre os continentes, a África (53,32%) é o maior produtor mundial seguido pela Ásia (28,08%), pelas Américas (18,49%) e pela Oceania (11%). No Brasil, maior produtor continental, a mandioca é uma das culturas mais importantes e a de maior volume de produção após a cana-de-açúcar, contudo nos últimos anos perdeu essa posição para milho e soja (KANTHACK et al., 2006).

A produção brasileira de mandioca em 2008 (Figura 2) foi de 26,79 milhões de toneladas, volume 0,5% inferior ao do ano de 2007 (26,9 milhões de t), segundo dados do IBGE. A área a ser colhida foi de 1,88 milhão de hectares, 1,3% inferior à de 2007 (1,91 milhão de ha) (IBGE, 2008). A maior parte da produção destina-se à fabricação da farinha de mandioca e o restante divide-se entre a alimentação humana, animal e processamento para fécula (TAKAHASHI, 2004).

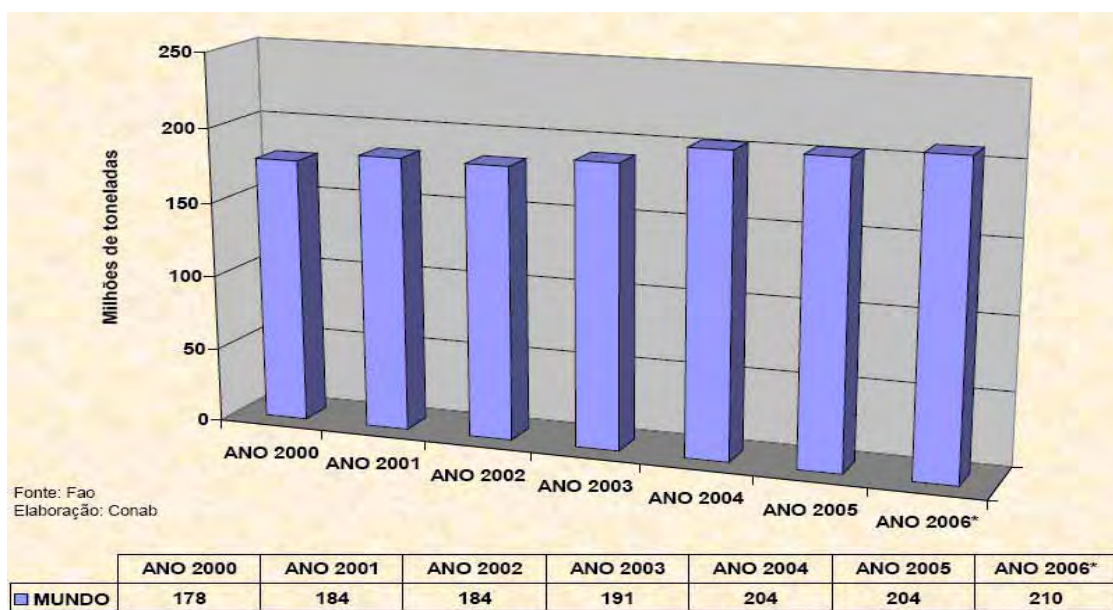


Figura 1. Evolução da produção mundial de mandioca

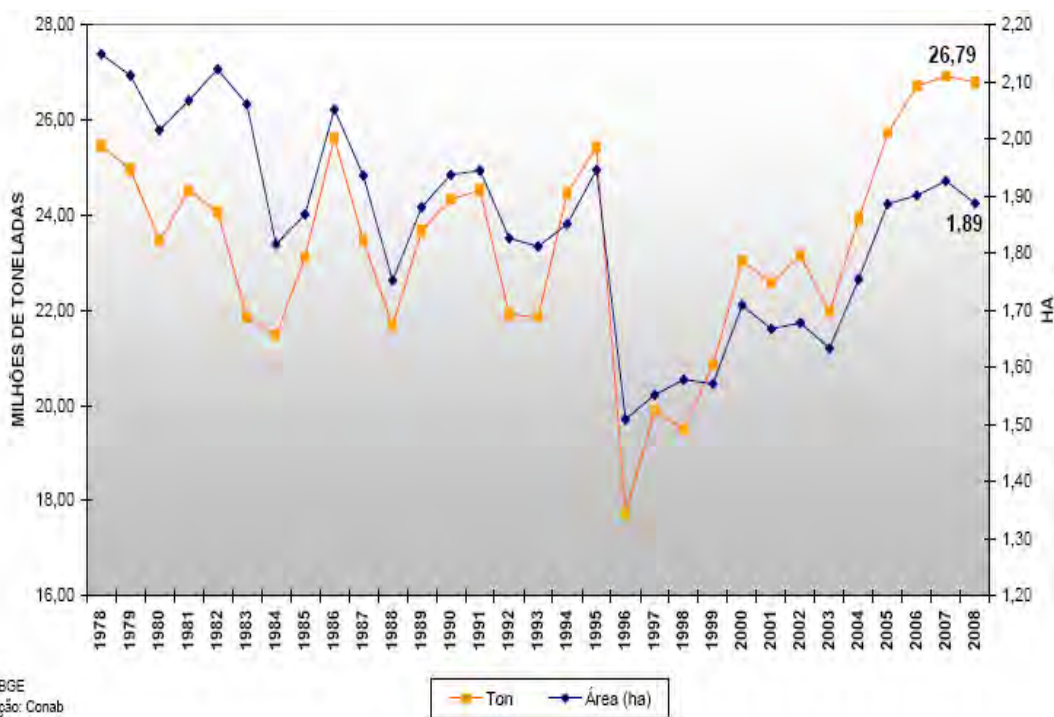


Figura 2. Evolução da produção brasileira de mandioca

As raízes da mandioca têm um papel importante tanto como fonte de energia para alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e de renda, notadamente, nas áreas pobres da região Nordeste do Brasil. Estima-se que a produção primária da atividade mandioqueira proporcionou, em 2008, uma receita bruta de 2,5 bilhões de reais (EMBRAPA, 2008).

A Figura 3 demonstra a participação na produção estimada de raiz de mandioca em 2005, Araújo (2005) relata que mesmo tendo ocorrido queda na produção quando comparado com a década de setenta e os anos recentes, em relação a demanda de mão-de-obra a cultura manteve sua importância principalmente nas regiões de agricultura tradicional. Ainda segundo o autor, os estados do Pará, Bahia e Paraná se alteram no *ranking* dos principais estados produtores. A Bahia, mesmo estando em segundo lugar com cerca de 4,2 milhões de toneladas, apresenta a maior área plantada (343 mil hectares), proporcionando uma receita bruta estimada em 509 milhões de reais e mais de 170 mil empregos diretos.

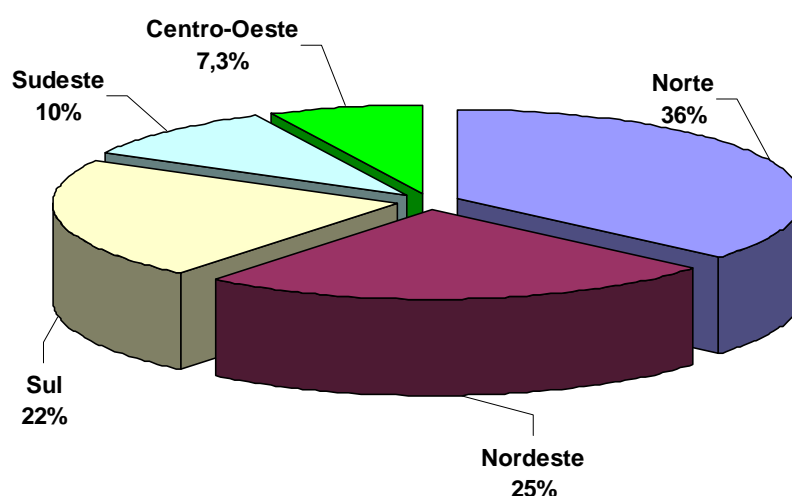


Figura 3. Participação por regiões brasileiras na produção estimada de raiz de mandioca.

Fonte: IBGE, 2005.

#### 4.3. Mandioca de mesa e a variedade IAC 576

As raízes tuberosas apresentam interesse econômico, devido ao alto teor de amido. São largamente utilizadas na alimentação humana e animal, e também como

matéria prima para diversos produtos industriais. O conteúdo nutricional da parte aérea, rico em proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas, também possibilita seu uso na alimentação animal e humana e, em regiões de predominância da pecuária, tem sido usada como silagem para bovinos de corte e/ou leite (COSTA, 2005).

Segundo Lorenzi et al. (2004), a mandioca de mesa também chamada de aipim, mandioca mansa ou doce, ou ainda, macaxeira contém baixos teores do princípio tóxico ácido cianídrico (HCN). As raízes que apresentam menor percentual de cianeto, bom tempo de cozimento, e resistência a deteriorização são as mais aceitas para a comercialização. Para serem consideradas de mesa devem apresentar teores de ácido cianídrico inferiores a 100 ppm na polpa crua das raízes e colheita precoce (7 a 14 meses) em razão de melhores características culinárias (LORENZI, 2003).

A baixa toxicidade esta correlacionada com o sabor, pois, quanto menor a toxicidade, maior o gosto adocicado das raízes. A tonalidade amarela dada por pigmentos carotenóides é a mais aceita pelos consumidores na região Sudeste e com o cozimento a cor intensifica-se devido a gelatinização do amido, que se torna transparente e os pigmentos ficam mais visíveis (LORENZI, 2003). Rimoldi (2006) relata que a falta de informação sobre variedades que apresentem características agrônômicas e tecnológicas adequadas, tais como cozimento rápido, qualidade de massa cozida e baixo teor de HCN, limitam o consumo de mandioca de mesa. Lorenzi (2003) caracterizou algumas variedades de mandioca quanto a produção, tempo de cozimento, teor de HCN e cor da polpa (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de raízes, tempo de cozimento culinário, teor de HCN e cor da polpa de variedades de mandioca de mesa.

Variedades	Raízes (t ha <sup>-1</sup> )	Cozimento (min.)	HCN (ppm)	Cor da polpa
Guaxupé	17,8	49	50	branca
IAC Mantiqueira	26,1	46	80	branca
IAC Jaçanã	21,2	32	136	branca
IAC 14-18	20,0	34	62	branca
IAC 59-210	25,4	42	64	branca
IAC 576	29,9	32	84	amarela

Fonte: Lorenzi (2003)



No Brasil a produção de mandioca destina-se à alimentação animal, ao mercado hortícola e às indústrias de transformação. Quando destinada à alimentação humana a comercialização se dá na forma *in natura* e também na forma de farinhas e féculas. Atualmente produtos da mandioca estão ganhando espaço, na forma de produtos que recebem tratamentos que os mantenham isento de aditivos como são: pré-cozida, produtos processados a partir de massa cozida e ainda os *chips* (FENIMAN, 2004). Com relação às mudanças de hábitos de consumo, não se pode deixar de considerar que a demanda de alimentos, para a maioria da população brasileira, se encontra, no momento, em fase quantitativa; mas já começa a incorporar as tendências mundiais, em termos da demanda por qualidade e diversidade (CARDOSO, 2003).

A migração da população para centros urbanos, o aumento da participação feminina no mercado de trabalho e a falta de tempo para preparo de refeições aumentaram o consumo de produtos semiprontos e principalmente dos *fast food* (FENIMAN, 2004). Segundo Lorenzi (1994) a mandioca de mesa tem grande potencial para aumentar sua participação nesses mercados, especialmente pela tradição de seu consumo. Cardoso (2003), relata que a médio ou longo prazo, a produção de mandioca pré-cozida e congelada poderá ampliar a demanda agregada de raízes.

Isso deverá acontecer quando os preços se tornarem mais competitivos, e os consumidores começarem a acreditar na qualidade do produto. Os investimentos iniciais e os elevados custos de processamento e de distribuição, comparativamente à mandioca fresca concorrem para: i) dificultar acesso de pequenos processadores a esses mercados e ii) para restringir, devido aos preços, o consumo do produto às classes de renda mais elevada da população. Dentro deste mercado, constituem-se fatores limitantes a oferta de matéria prima de qualidade adequada e a pouca disponibilidade de produtores devidamente capacitados para fazer parte da rede de suprimentos das indústrias de mandioca pré-cozida e congelada (CARDOSO, 2003).

A variedade de mesa IAC 576 amarela foi obtida por cruzamento da SRT 797 - Ouro do Vale X IAC 14-18 em 1970, sendo um marco no setor de mandioca do Estado de São Paulo, por suas excelentes qualidades sensoriais e alta produtividade. Também, se caracteriza por apresentar resistência mediana à bacteriose e ao superalongamento, tem arquitetura favorável aos tratos culturais, possui raízes tuberosas uniformes, película marrom,

formato cilíndrico e tamanho que agrada o mercado consumidor (LORENZI 2003). Segundo Fukuda & Borges (1988) outras características como comprimento, forma, cor, facilidade de descascagem da raiz e teor de amido, também influenciam na qualidade da raiz, quando destinada para o consumo *in natura*.

Oliveira et al. (2003) relatam que para o processamento mínimo de mandioca há necessidade de matéria-prima de boa qualidade e da qual se tenha perfeito conhecimento da fisiologia pós-colheita. No estado de São Paulo, há preferência pelas variedades de polpa amarela, para o consumo direto, sendo a mais utilizada a IAC 576-70. Reschsteiner (2005) ressalta que quando se analisa a literatura disponível sobre as tuberosas observa-se que pouco foi feito para aumentar o leque de aplicações destas culturas. A maioria das tuberosas é consumida apenas cozida ou frita, e assim mesmo, mais como uso regional.

Trabalho realizado por Costa (2005) verificou o processamento da IAC 576-70 dentro de características sensoriais requeridas em produtos prontos para consumo: sabor, aroma, cor, textura e aparência. Além disso, alguns aspectos químicos e microbiológicos relacionados com o tempo de disponibilidade para o consumo dos produtos também foram avaliados. Esse trabalho mostrou que a variedade IAC 576-70 apresentou aumento do pH e diminuição da acidez, microbiologia padrão dentro das exigências da legislação e com tempo de prateleira de 8 dias.

Vilpoux & Cereda (2003) consideram a venda de mandioca em forma *in natura* prejudicada pela deterioração pós-colheita. O processamento da raiz é uma opção para sua industrialização e desenvolvimento de novos produtos prontos e pré-prontos. Conforme Kato & Souza (1987) um dos maiores obstáculos para a utilização da mandioca é a alta perecibilidade, pois quando armazenada em condições ambientais, possuem uma vida útil muito restrita. O processo deteriorativo de caráter fisiológico inicia-se durante as primeiras 48 horas após a colheita, levando a perdas qualitativas e quantitativas.

Buscando atender às mudanças de mercado, novos produtos alimentares estão sendo testados e inovados a fim de suprir a demanda existente. Os produtos brutos (*in natura*) cedem progressivamente lugar para os produtos pré-aquecidos e pré-elaborados, denominados minimamente processados (ALVES et al, 2005).

Uma das alternativas de desenvolvimento de novos produtos são os bolinhos de mandioca, ou croquetes congelados. Esses bolinhos podem ser fabricados com os

resíduos da industrialização e toletes e das pontas descascadas, ou a partir de mandiocas inteiras podendo tornar-se a atividade principal desta fabricação (VILPOUX & CEREDA, 2003).

#### **4.4. Amido**

A maior reserva de energia nas plantas é o amido, sendo abundante em sementes, raízes e tubérculos. De todos os polissacarídeos o amido é o único produzido em pequenos agregados individuais, denominados grânulos que são insolúveis em água em temperaturas inferiores a 50°C. São sintetizados nas células de cada planta, adquirem tamanhos e formas prescritos pelo sistema biossintético das plantas e pela condição física imposta pelo contorno do tecido (WHISTLER & DANIEL, 1993).

Para Cereda et al. (2002) o amido representa uma grande fonte de carboidratos na alimentação humana, é a principal substância de reserva nas plantas superiores e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Em muitos vegetais a matéria-prima é disponível em quantidade suficiente e determinados processos industriais permitem que o amido seja extraído com elevada pureza.

Thomas e Atwell (1999) afirmam que o amido é um dos mais importantes biopolímeros, utilizados principalmente para melhorar características sensoriais em alimentos. Contribui para realçar propriedades características de alimentos produzidos a partir de cereais e tuberosas amiláceas. Segundo Mishra & Raí (2001) os polissacarídeos são freqüentemente usados em certos produtos alimentícios principalmente pelas propriedades espessante e geleificante e a presença de quantidades pequenas destes materiais pode ligar grande quantidade de água, proporcionando uma característica desejável na textura de produtos alimentício. Amidos de cereais, tubérculos e raízes são muito usados na indústria de alimento como estabilizadores ou modificadores de textura. Particularmente, amidos são ingredientes atrativos para modificação textural por serem naturais e seguros.

O tamanho e forma dos grânulos de amido variam de 1 a 110 µm, dependendo da fonte do amido. A maioria dos grânulos de amido é oval; embora, as formas circular, esférico, poligonal e irregular também sejam encontradas em grânulos de amido (HOOVER, 2000). A maioria dos tubérculos e raízes possuem grânulos simples, a exceção é a mandioca e o taro, cujo amido parece ser uma mistura de grânulos simples e composto.

#### 4.4.1. Composição do amido

Quimicamente, os grânulos de amido são polissacarídeos, compostos de um número de monossacarídeos (glicose anidra), unidos por ligação  $\alpha$ -(1-4) e/ou  $\alpha$ -(1-6) acopladas. O amido é formado de dois componentes estruturais principais, a amilose (Figura 4) que é essencialmente um polímero linear no qual resíduos de glicose  $\alpha$ -(1-4) são unidos constituindo 15% a 20% de amido, e amilopectina (Figura 5), que é uma molécula maior, ramificada com ligações  $\alpha$ -(1-4) e  $\alpha$ -(1-6) acopladas (BNF, 1990).

A amilose é um polissacarídeo composto de unidades de  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) D-glicose unidas em longas cadeias predominantemente lineares. A amilose durante sua distensão estrutural e helicoidal não ramificada apresenta a propriedade de absorver até 25 vezes seu peso em água (CEREDA et al, 2002).

As amilopectinas (Figura 6) por possuírem cadeias ramificadas são menos susceptível que a amilose à ação de certas enzimas, o que é fator importante para explicar a ação de enzimas sobre o amido e sua aplicação em processos industriais (CEREDA et al, 2002).

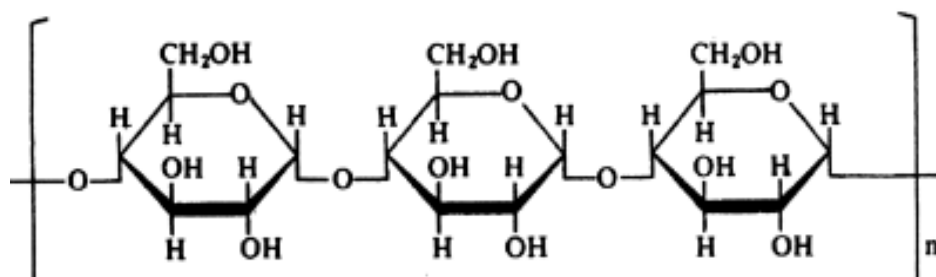


Figura 4. Estrutura química da amilose . Fonte: Jacques; Lyons; Kelsall (1999).

Os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas compostos de macromoléculas lineares e ramificadas arranjadas na direção radial. Essas moléculas formam pontes de hidrogênio, pois estão associadas paralelamente, resultando no aparecimento de regiões cristalinas ou micelares. Sendo observada por luz polarizada, os grânulos são birrefringentes mostrando assim, uma cruz de polarização. Em alguns amidos ricos em amilose não é possível observar o fenômeno da birrefringência (CEREDA et al, 2002).

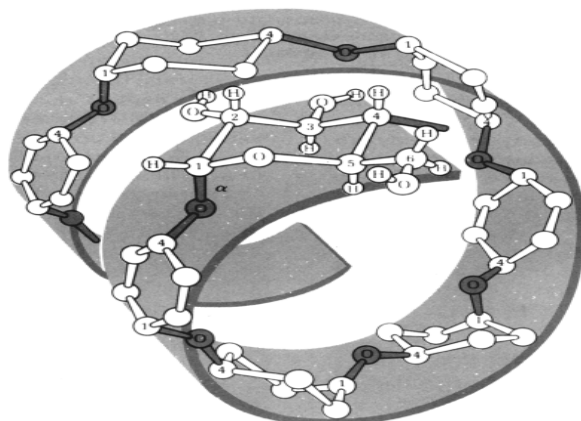


Figura 5. Representação estrutural da amilopectina. Fonte: Cereda; Vilpoux (2003).

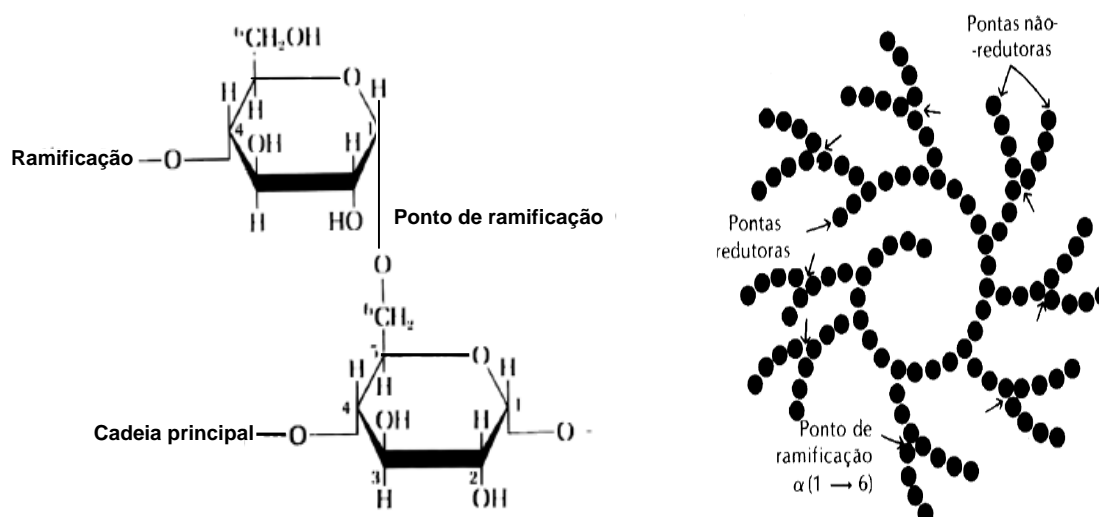


Figura 6. Estrutura química da amilopectina, ilustrando as ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 e a estrutura geral da molécula. Fonte: Jacques; Lyons; Kelsall (1999).

Silva & Cabello (2006) afirmam que as características estruturais dos biopolímeros que compõem os amidos são poucos conhecidas e muitos estudos estão sendo feitos para melhor compreender os efeitos da aplicação de amido em alimento. Supõe-se que muitas propriedades funcionais apresentadas pelos alimentos compostos por amidos são decorrentes das diferenças estruturais. A mais visível delas está associada às concentrações relativas de amilose e amilopectina apresentadas pelos amidos. De acordo com Thomas & Atwell (1999) amidos com altos teores de amilopectinas conferem maior resistência à retrogradação quando estocados à baixa temperatura.

A proporção de moléculas de amilose e amilopectina influencia a formação da estrutura da rede de amido. Quando a relação amilose e amilopectina excede determinada proporção, a amilose forma uma estrutura de rede contínua (LELOUP et al., 1992).

Quando o amido é aquecido em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida (devido à quebra de pontes de hidrogênio) e moléculas de água são unidas por hidrogênio que se une aos grupos de hidroxila expostos de amilose e amilopectina. Isto causa inchamento do grânulo e aumento da solubilidade. Este poder de inchamento e solubilidade provém da evidência de magnitude de interação entre cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos (HOOVER, 2000). Caso o processo continue os grânulos continuam a inchar, parte da amilose é lixiviada para a fase aquosa até que ocorre a sua ruptura liberando então as cadeias de amilose e amilopectinas.

Além da amilose e amilopectina, o grânulo de amido apresenta compostos nitrogenados, lipídeos e minerais como o fósforo. Mesmo estando presentes em menor percentual, podem ter influências marcantes nas propriedades do amido (CEREDA, 1996). Os lipídeos, que representam em média 0,6% da composição de amidos de cereais, são considerados a fração mais importante. Outros componentes como proteínas e várias substâncias inorgânicas, podem ser consideradas impurezas, uma vez que não estão ligadas covalentemente com os polissacarídeos formadores do grânulo (PERONI, 2003).

#### **4.4.2. Amido de milho waxy**

Segundo Lineback (1984), a amilopectina é a responsável pela cristalinidade do amido, não existindo evidências que a amilose participe das regiões cristalinas. O teor de amilose nos grânulos de amido varia de acordo com a fonte vegetal de origem. O amido de milho contém entre 25 e 28% de amilose, enquanto o de mandioca possui apenas 17%. Alguns cultivares de milho, cevada e arroz, referidos pelo termo *ceroso waxy*, são constituídos por altas concentrações de amilopectina, enquanto outros amidos possuem teores de amilose acima de 50% e são denominados *high-amylose*.

Amidos *waxy* apresentam diferentes teores de amilose e possuem propriedades funcionais distintas. O amido de milho normal é bastante utilizado em sopas desidratadas e molhos que requerem viscosidade à quente e se caracterizam pela formação de

um gel consistente. Para produtos que necessitam de armazenamento sob refrigeração o amido normal não é indicado devido a proporcionarem o fenômeno da sinérese (liberação de água), conseqüência do fenômeno de retrogradação. Nesse caso o uso do amido de milho ceroso (waxy), seria mais indicado por apresentar maior estabilidade a frio, por sua baixa concentração de amilose (WEBER, 2005).

Germani (1981) relata que amidos cerosos com cerca de 100% de amilopectina retrogradam muito vagarosamente por causa da dificuldade com que grandes moléculas ramificadas têm de cristalizar. Segundo Collison (1968) citado por Germani (1981) moléculas lineares de amilose se associam muito rapidamente, e conseqüentemente retrogradam rapidamente. Os autores observaram também que, numa mistura de amilose e amilopectina, que a retrogradação da amilose era retardada pela amilopectina.

#### **4.5. Maltodextrina**

Polímeros naturais ou sintéticos têm sido usados como aditivos na indústria alimentícia, na indústria farmacêutica e de cosméticos, na agricultura e em outras áreas. As principais preocupações na escolha de uma boa matéria-prima estão relacionadas ao seu custo, facilidade de obtenção e aspectos de qualidade, onde é desejável alta pureza, boas propriedades mecânicas, baixa toxicidade, alta degradação no meio ambiente e boa compatibilidade com outras substâncias. Com as novas pesquisas estão surgindo polímeros cada vez mais sofisticados, porém, estas mudanças acarretam custos que muitas vezes são inviáveis. Isto tem levado a uma procura por biopolímeros mais apropriados e específicos. A mistura de biopolímeros é uma estratégia para melhorar suas propriedades (RODRIGUES, 2004).

Junk & Pancoast, (1973), afirmam que a hidrólise parcial do amido produz uma ampla faixa de produtos denominados hidrolisados. Estes são definidos através do seu valor de dextrose equivalente (DE), um termo industrial que expressa o conteúdo de açúcares redutores no produto, calculado como percentual em massa, em base seca, de dextrose. O valor da DE do amido é zero enquanto o da glicose pura é 100. As maltodextrinas são definidas como polímeros de sacarídeos nutricionais, não muito doces, formados por unidades de  $\alpha$ -D-glicose unidas por ligações químicas primárias tipo  $\alpha$  (1-4), com um conteúdo de dextrose equivalente (DE) inferior a 20 (JUNK & PANCOAST, 1973).

As maltodextrinas podem ser produzidas por hidrólise enzimática ( $\alpha$ -amilase), ácida ou uma combinação dos dois métodos (KENNEDY et al., 1995). No processo de hidrólise ácida, o amido é hidrolisado ao acaso produzindo uma mistura de moléculas de diferentes tamanhos (MOREHOUSE et al, 1972). Este processo consiste na suspensão do amido com uma quantidade de ácido até atingir pH 1,0, elevando-se a temperatura a 135-150°C por 5 a 8 minutos (BLANCHARD; KATZ, 1995). Logo após, é feita a neutralização do ácido e a mistura é filtrada, descolorida e concentrada.

A hidrólise ácida produz muitas glicoses livres e maltodextrinas que apresentam tendência a retrogradação, podendo produzir soluções turvas (KEARSLEY & DZIEDZIC, 1995). Na hidrólise ácida maltodextrinas de baixo DE (2 a 5) possuem fragmentos lineares de amido, longos o suficiente para se reassociarem e formarem agregados insolúveis causando turbidez na solução, sendo impróprio para muitas aplicações. Devido a esses fatores, maltodextrinas comerciais são preparadas pela hidrólise enzimática do amido (MOREHOUSE et al, 1972).

Os processos enzimáticos utilizados na produção de maltodextrinas são patenteados e geralmente consistem na mistura da suspensão de amido com a enzima, aquecidas até a temperatura de gelatinização ( $\pm 75^\circ\text{C}$ ) por um tempo determinado (COUTINHO, 2007). Logo após a hidrólise, a enzima é inativada a altas temperaturas ( $\pm 105^\circ\text{C}$ ) ou por acidificação do produto (pH $\pm 3,5$ ) (ALEXANDER, 1992; BERGHMANS & WALON, 1977), sendo que, as condições ótimas de pH e temperatura dependerão da enzima a ser utilizada. Finalmente, o produto é filtrado, descolorido, neutralizado e seco em *spray dryer*.

No processo de hidrólise enzimática é utilizada a enzima  $\alpha$ -amilase que hidrolisa somente ligações  $\alpha(1-4)$  nas amiloses, e na amilopectinas produzindo maltodextrinas. Assim, uma pequena quantidade de amilose de alto peso molecular ainda permanece no hidrolisado (BULPIN; CUTLER; DEA, 1984). O processo combinado, ácido-enzima, possui vantagens em relação ao processo ácido. O hidrolisado obtido é mais específico e há maior flexibilidade na composição (YANKOV et al., 1986).

As maltodextrinas produzidas industrialmente apresentam uma ampla distribuição de sacarídeos lineares e ramificados, cuja composição determina suas funções físicas e biológicas. Dois tipos de maltodextrinas são mais utilizados em processos industriais



de alimentos: o grupo com DE na faixa de 10-14 e outro com valores de DE entre 15-19 (KENNEDY et al., 1995).

A obtenção de biopolímeros vem de encontro às necessidades de melhorias no campo da tecnologia de alimento, a produção de maltodextrina e sua aplicação em alimentos *in natura* é uma opção para o desenvolvimento de novos produtos, sem necessidade de adição de aditivos químicos.

O uso de maltodextrinas na indústria de alimentos está generalizado. Para Martins (2006) elas são empregadas na formulação de alimentos para bebês; como ligante em cereais matinal, em material extrusado (*snaks*) e em comprimidos; como veículo para adoçantes comerciais ou em mistura de condimentos; como agente dispersante em cremes; como formadores de filmes em coberturas de pílulas; como crioprotetores em sorvetes, etc. As maltodextrinas são freqüentemente empregadas como agentes que previnem o fenômeno da pegajosidade das partículas nas paredes da câmara do *spray-dryer* durante a secagem de concentrados de frutas ou compostos com grandes quantidades de açúcares.

Coutinho (2007) ressalta que as maltodextrinas possuem uma ampla aplicação nas indústrias de alimentos por serem solúveis em água e não adocicados. O grau de hidrólise do amido influencia as características físicas, químicas e funcionais das maltodextrinas. Elas são aplicadas em encapsulamento de essência e aromas, para fornecer consistência, como substitutos de gorduras, para prevenir a cristalização, controlar o congelamento. Além das diversas aplicações em alimentos, também são utilizadas nas áreas farmacêuticas e nutricionais.

#### **4.5.1. Retrogradação**

Durante o armazenamento da pasta de amido gelatinizada, as moléculas amilose e amilopectina se rearranjam e a rigidez do sistema aumenta. Este é o fenômeno de retrogradação (BILIADERIS, 1992). Collison (1968) definiu a retrogradação como sendo as mudanças espontâneas que ocorrem em soluções, pastas ou géis de amido durante o envelhecimento. Biliaderis (1992) relata que este fenômeno ocorre em dois estágios. No primeiro, ocorre um rearranjo molecular entre as cadeias de amilose nas primeiras horas após o gel ter sido formado. No segundo estágio ocorre a recristalização da amilopectina, que precisa de vários dias ou semanas e é termicamente reversível com aquecimento a 100 °C.

Segundo Stephen (1995) em amido a manifestação da retrogradação é acompanhada pelo desenvolvimento de turbidez. A causa é a agregação de moléculas de amilose, sendo que esta tendência é menor em soluções diluídas de amilopectinas.

Weber (2005) relata que nos produtos que necessitam de armazenagem sob refrigeração não se recomenda amido de milho normal devido à sinérese (liberação de água) consequência do fenômeno de retrogradação. Nesses casos, é mais indicado o uso do amido de milho ceroso (waxy), por apresentar maior resistência a retrogradação, pelo fato de praticamente não possuir amilose.

A retrogradação do amido é um fenômeno que deve ser minimizado por se tratar da reconstrução de uma estrutura mais rígida. Isto ocorre devido às cadeias de amilose ficarem mais disponíveis para se rearranjarem durante o armazenamento do produto alimentício, resultando em maior perda de água do sistema e endurecimento do produto final (MUNHOZ et al., 2004). Na tecnologia de alimentos, ajustes específicos de comportamento de fluxo de géis de amido são importantes, estes regulam processos de produção e otimizam a aplicabilidade, estabilidade e propriedades sensoriais de um produto final (FREITAS et al., 2003).

Estudos realizados por Weber (2005) mostraram que o amido de milho ceroso apresentou maior viscosidade máxima e menor tendência à retrogradação, quando comparado ao amido de milho normal, e que as diferenças nas propriedades de pasta ocorreram devido à proporção de amilose e amilopectina presente na constituição dos amidos.

Fredriksson et al (2000) em seu trabalho verificou que quando amido de milho waxy e batatas com alto índice de amilopectina eram expostos a condições de tempo e ciclos de temperatura, ambos apresentavam resultados similares. Concluiu-se que os ciclos de temperatura proporcionaram lenta hidrólise da amilopectina, um fenômeno que poderá ser explorado para obtenção de alimentos com melhores características nutricionais.

#### **4.6. Deterioração de raízes de mandioca, tempo de armazenamento e técnicas de conservação.**

Segundo Lorenzi (2003) a deterioração de raízes de mandioca pode ser de ordem microbiológica e fisiológica. A deterioração fisiológica ocorre antes e logo após as 48-72 horas depois da colheita. A mandioca de mesa é mais prejudicada do que a mandioca

destinada à indústria. O maior prejuízo a mandioca de mesa ocorre devido a alteração na aparência do produto. O alto grau de perecibilidade das raízes de mandioca provoca perdas na fase pós-colheita, limitando, o período de comercialização e também as formas de processamento das raízes. Booth (1978) e Gimenez (1991) registraram que as deteriorações da mandioca são atribuídas a razões fisiológicas e patológicas, além das injúrias mecânicas sofridas na colheita e no período de comercialização. A falta de técnicas adequadas de armazenamento de raízes frescas, é um dos fatores das perdas destas raízes (BORGES, et al 1992).

Além das deteriorizações fisiológicas e patogênicas a duração de armazenamento das raízes de mandioca poderá ser afetada por condições ambientais tais como temperatura, umidade e aeração. Existem alguns estudos que visam a conservação das raízes *in natura* por uso de diferentes locais de armazenamento, isolamento de microorganismo, tratamentos químicos, uso de frio e embalagens (CEREDA & VILPOUX, 2003).

Gimenez (1991) verificou que houve diferenças significativas na deterioração de acordo com dias de armazenamento e seções das raízes estudadas, demonstrando os cuidados a serem tomados no manuseio e nas condições de armazenamento. Ele sugere alguns processos para se evitar a deterioração: envolver raízes com parafina, uso de câmaras frias e tratamento com produtos químicos. Contudo, o processo mais simples para evitarmos sua manifestação é colher as raízes somente por ocasião de sua utilização, deixando-a sob o solo por um período maior de tempo.

Segundo Lorenzi (2003), a cocção também é uma técnica de preservação pós-colheita. O armazenamento sob refrigeração e o congelamento de raízes cruas retardam a deterioração, enquanto que o cozimento paralisa o processo ao inativar as enzimas.

Pereira et al. (1985) desenvolveram uma metodologia de avaliação de tempo de cozimento e de padrão de massa cozida de mandioca de mesa. Eles ressaltaram que a garantia de cozimento e o tipo de massa cozida originada são importantes fatores a serem considerados no processamento das raízes, atendendo ao mercado consumidor.

Cereda et al. (2000) observaram que a temperatura influenciou na contenção do crescimento de microorganismos em mandiocas minimamente processadas, tratadas com hipoclorito de sódio, ácido cítrico e mantidas em ambiente refrigerado. Em relação às características culinárias do produto, no que diz respeito à tempo de cocção pós

processamento, houve grande variação entre os tempos estudados de acordo com os tratamentos efetuados, apresentando tendência a aumentar o tempo de cozimento com o passar do tempo de armazenamento.

Pequeno et al. (1991) observaram que o congelamento, além de ter provocado aumento nos tempos de cocção de algumas cultivares de mandioca, também aumentou os teores de umidade e de açúcares totais. Segundo estes autores, o sabor adocicado da mandioca é preferível por parte dos consumidores no caso de prepará-la frita. Alguns estudos já visam atender esta necessidade de processamento da mandioca.

Costa (2005) investigou as características sensoriais, químicas e microbiológicas de mandioca pronta para consumo, através da avaliação dos parâmetros que interferem na vida-de-prateleira do produto final, avaliados num período de 11 dias, conclui que o tempo de armazenagem provocou um aumento de pH e diminuição da acidez, e o padrão microbiológico atendeu às exigências da legislação.

Feniman (2004) caracterizou a variedade IAC 576-70 para fins culinários, quanto ao tempo de cocção das raízes e a qualidade da mesma quando cozida, e concluiu que raízes com 12 e 15 meses são próprias para consumo *in natura* e processamento.

Bezerra (2000) avaliou as alterações na composição química e cocção de uma cultivar de mandioca armazenada em condições de refrigeração, branqueamento e atmosfera modificada durante 9 períodos de armazenamento (0, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias), mostrando que este tratamento aliado ao vácuo foi efetivo na prevenção de escurecimento da raiz.

Outra contribuição importante para o armazenamento de raízes foi o estudo de Kato et al (1988) que verificaram a influência da embalagem de polietileno sobre a deterioração fisiológica e também a influência da espessura da embalagem sobre reações oxidativas. Os autores concluíram que a embalagem atuou na redução da deterioração fisiológica e que a espessura de 150 micras foi mais efetivas que as de 50 e 100 no controle da deterioração.

São inúmeras as técnicas de processamento e conservação de raízes de mandioca *in natura*, elas podem ser escolhidas diante as necessidades e objetivos. Pequeno et al. (1991) e Pereira et al. (1985), em seus estudos de pós-colheita, verificaram a necessidade

de desenvolvimento de formas de processamento que retardem a velocidade das reações metabólicas, sem prejuízo nutricional e das características comerciais das raízes.

Bezerra et al. (2002) verificou o efeito do branqueamento na qualidade e na conservação de raízes de mandioca minimamente processadas, onde estas tiveram um aumento de vida de prateleira de 66,6%, armazenada sob condições de refrigeração.

Os estudos de Oliveira et al. (2003) estabeleceram parâmetros para elaboração de raízes de mandioca minimamente processadas e armazenadas sob refrigeração, sob efeito da ação de higienizante e de agente antioxidante. Embalagens também foram focos de estudos de Paranaíba (1993) que concluiu que o uso da embalagem polietileno durante o armazenamento proporcionou diminuição no índice de deterioração fisiológica, tempo de cocção, teores de vitamina C total e amido, acréscimo nos teores de umidade e na percentagem de pectina solúvel, não atuando, porém, sobre os teores de fibra e açúcares totais.

A investigação microbiológica de microrganismos foi orientada por regulamentação técnica sobre padrões microbiológicos para alimentos, Resolução-RDC N°12, de 02 de janeiro de 2001. Esta regulamentação, que versa sobre ações de controle sanitário na área de alimentos, orienta para a necessidade de controle de outros microrganismos além dos acima indicados.

#### **4.7. Cocção e textura de massa cozida**

Segundo Lorenzi (2004) entende-se por boa qualidade culinária um conjunto de características da massa cozida que, depois de amassada, se apresenta plástica, não pegajosa e não encaroçada, além de baixa toxicidade, sabor, cor e aroma agradáveis.

Raízes de mandioca armazenam amido e após a cocção em água resultam em produtos com características texturais e estruturais próprias, importantes para a aceitabilidade pelo consumidor (BUTARELO et al., 2004).

Feniman (2004) relata que o tempo de cocção das raízes e as características de massa cozida constituem preocupação para o consumidor que quer garantia do bom cozimento e para indústrias que precisam definir parâmetros de processos, e controlarem a qualidade e a uniformidade do produto final.

Uma boa cultivar de mandioca deve ter a polpa cozida facilmente, esmagada e desfeita com um garfo, até o ponto de purê. Esse parâmetro é observado e exigido por comerciantes e donas de casa. (NORMANHA, 1988).

Segundo Lorenzi et al. (1988), diversas características apresentadas pelas mandiocas de mesa são afetadas pelo meio ambiente, mesmo as que se mostram geneticamente mais resistentes. O cozimento se trata de uma característica que parece ser mais dependente do ambiente do que da própria cultivar. Verifica-se que após uma capina se torna difícil o cozimento, da mesma forma que acontece após uma chuva ou corte das folhas por formigas. Em todos estes casos a dificuldade no cozimento ocorre caso se deixe passar entre 15 a 30 dias após a capina, chuva ou ataque das formigas (VALLE et al, 2000).

Em relação aos fatores de interesse do conceito de qualidade culinária de raízes destinadas à mesa, Lorenzi (2003) destaca o tempo de cozimento, afirmando que quanto menor o tempo de cozimento melhor a qualidade da massa gerada. Este parâmetro é usado quando se busca avaliar a qualidade de uma amostra. Contudo, existe uma variação natural no tempo de cozimento de uma mesma raiz e também entre as raízes de uma mesma planta, podendo ser atribuídas a sua composição e às características da própria espécie.

Quanto à textura, Campos (1989) relata que dela depende o grau de aceitabilidade por parte do consumidor, em função de o produto ser macio ou não, suculento ou não. Textura de um ponto de vista técnico é a soma das sensações sinestésicas derivadas da degustação de um alimento. Engloba as sensações percebidas na cavidade oral, as propriedades mastigatórias, residuais e acústicas, ou ainda é a reação do alimento diante a aplicação da força.

#### **4.8. Análise Sensorial**

Costa (2005) diz que a investigação da relação das formas de processamento com a impressão que elas causam nos sentidos do mercado consumidor é feita através da análise sensorial de alimentos.

Ferreira (2000) descreve a análise sensorial como uma ciência que faz uso dos sentidos humanos (visão, olfato, paladar, tato e audição) para medir, quantificar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos. O teste sensorial é aplicado em cada caso específico. Dependendo do objetivo do estudo podem ser utilizadas

escalas não estruturadas ou estruturadas de avaliação, e também da disponibilidade de provadores, os quais podem ser treinados ou não.

A análise das condições fisiológicas, psicológicas étnicas e sociais deste público, e das características físicas, químicas e estruturais do alimento, fornecerá informações sobre a qualidade sensorial do produto analisado. Testes sensoriais no processamento de alimentos podem ser realizados com vários objetivos, por exemplo, o desenvolvimento, mapeamento, reformulação ou otimização do produto, especificações e controle de qualidade, determinação de defeitos potenciais, verificação da aceitabilidade do produto e estabelecimento de vida-de-prateleira (Ferreira, 2000).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

Os trabalhos de pesquisa foram agrupados em dois ensaios experimentais, sendo um em temperatura ambiente e outro em que os produtos foram estocados sob refrigeração ( $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ).

### **5.1. Coleta e processamento das raízes**

As raízes foram coletadas na área experimental do CERAT/UNESP, localizado na Faculdade de Ciências Agronômicas, Fazenda Lageado - Botucatu-SP. Foi utilizada a variedade IAC 576-70, por ser a cultivar mais plantada e preferida para o consumo de mesa do Estado de São Paulo; por sua coloração amarela, suas excelentes qualidades sensoriais e alta produtividade, resistência mediana à bacteriose e ao superalongamento, têm arquitetura favorável aos tratos culturais, são uniformes, película marrom, formato cilíndrico e tamanho que agrada o mercado consumidor (LORENZI 2003).

Foram coletadas  $\pm 45\text{kg}$  de raízes com idade de 14 meses de cultivo no mês de fevereiro de 2008.

O armazenamento das raízes colhidas foi feito em câmara fria, a qual foi mantida à temperatura de  $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . No dia seguinte, as raízes foram retiradas da câmara fria e transportadas para o Laboratório de Processo do CERAT, onde foram realizadas as análises de caracterização, processamento e desenvolvimento da massa cozida de mandioca, segundo as etapas do fluxograma da Figura 7.



As raízes foram descascadas e cortadas sendo que as pontas e a entre casca foram descartadas. A seguir as raízes foram partidas em toletes com tamanhos variando entre 5 a 7 cm de comprimento. Na seqüência, foram lavadas em água corrente na temperatura ambiente, onde foram retiradas as impurezas e sujidades. Todas as raízes foram utilizadas, visando o maior aproveitamento das raízes descartadas para consumo *in natura* ou minimamente processadas.

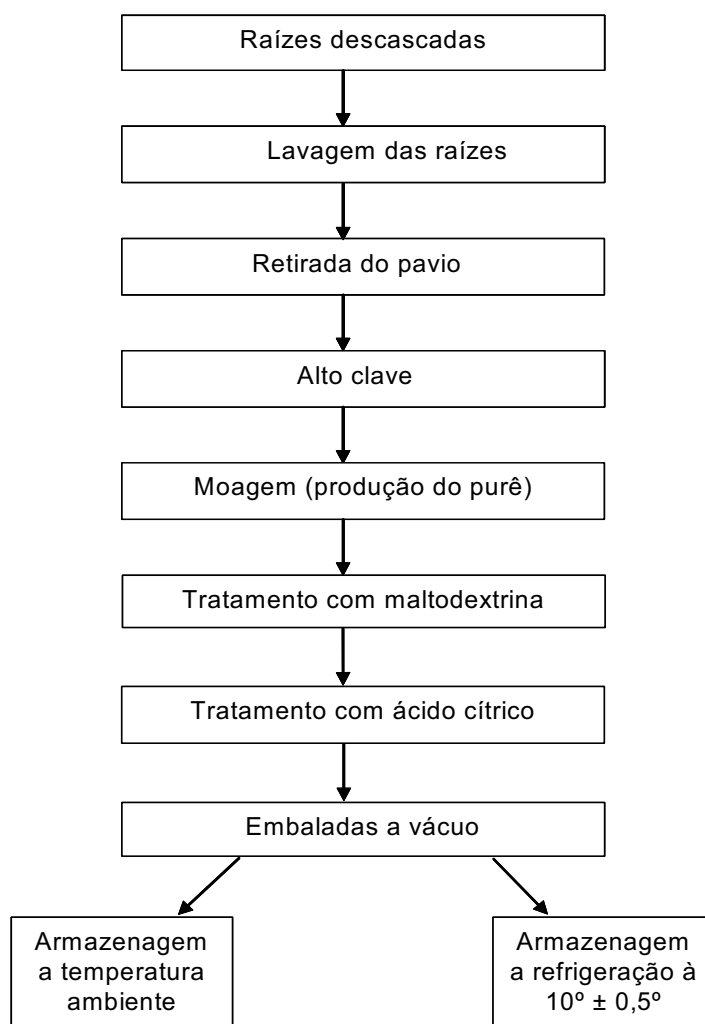


Figura 7. Fluxograma do processo de desenvolvimento da massa de mandioca e produção de corpos de prova.

Após o corte em toletes, foi retirado o pavio de cada amostra conforme a Figura 8, evitando assim a presença deste material fibroso na massa. As amostras foram colocadas em becker de 500ml, fechadas com papel alumínio (Figura 9) e cozidas em autoclave a  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  por 40 min. Foram recolhidas num recipiente único conforme observa-se na Figura 10, foram moídas numa amassadeira para massa de panificação marca G Paniz, modelo AE 07/15 (Figura 11).



Figura 8. Raízes descascadas, picadas e sem pavio.



Figura 9. Amostras prontas para o processo de cozimento em autoclave.



Figura 10. Raízes cozidas prontas para o processo de moagem.



Figura 11. Moedor industrial, usado na mistura da massa e dos tratamentos.

Depois da moagem a massa foi homogeneizada no misturador do próprio moedor. Durante a homogeneização foi adicionada a maltodextrina (0, 5, 10 e 15%) e o ácido cítrico (1%), sobre matéria seca, seguindo o planejamento experimental.

As amostras foram embaladas a vácuo em pacotes de polietileno de dimensões 15 x 22 x 0,18 cm devidamente identificadas. Em cada pacote foram colocadas aproximadamente 100g de massa (Figura 12).



Figura 12. Amostras da massa de mandioca embaladas a vácuo.

## 5.2. Análises nas amostras dos tratamentos

As amostras da massa cozida de mandioca foram submetidas a análises durante o período de estocagem (ambiente e refrigerado), para os seguintes parâmetros: açúcar redutor, umidade, acidez total titulável e pH, textura, análise microbiológica e análise sensorial. As metodologias das análises estão descritas no item 5.4. As avaliações em estocagem ambiente foram interrompidas aos 7 dias após o preparo, devido à contaminação microbiológica. As amostras que foram estocadas em refrigeração seguiram avaliações até os 12 dias (Tabela 2).

Tabela 2: Adição de diferentes concentrações de maltodextrina na massa cozida de mandioca armazenada em condições ambientais e refrigerada em diferentes dias.

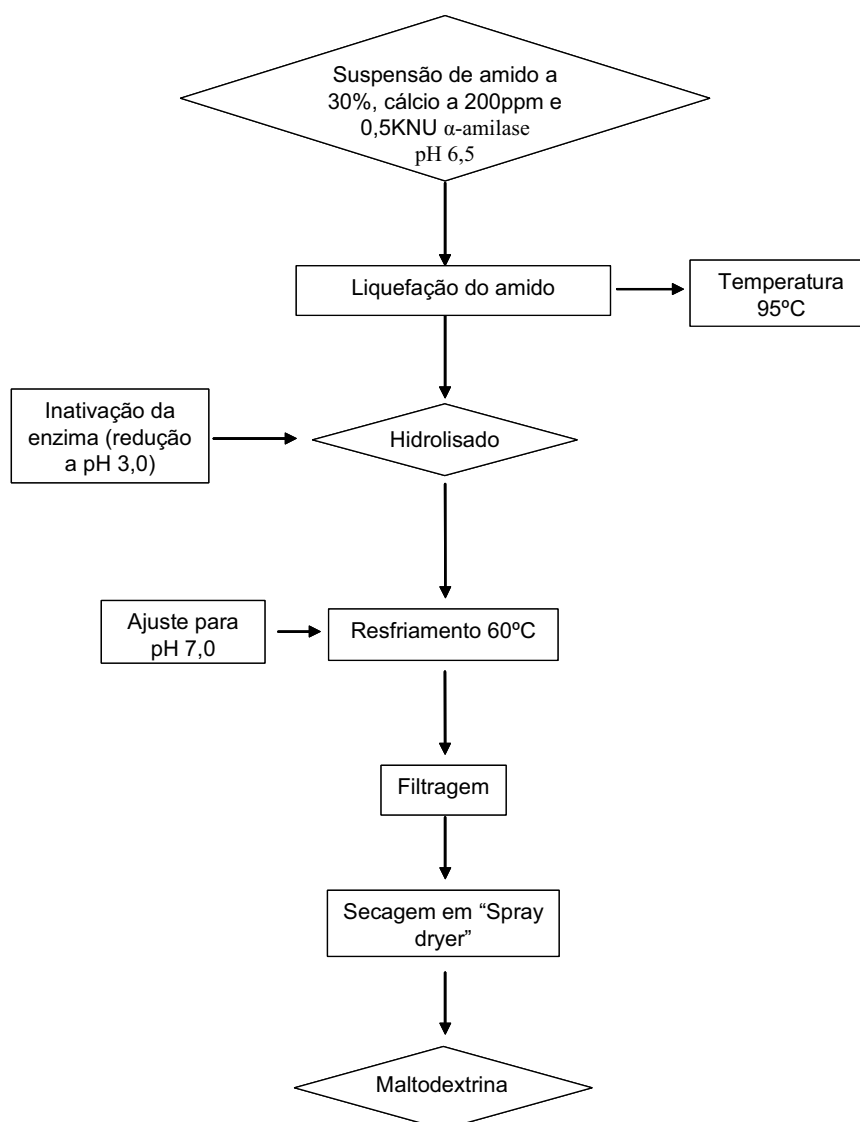
Forma de estocagem	Tratamento com adição de maltodextrina (% p/p)	Tempo de estocagem
Ambiente	0, 5, 10 e 15 %	0, 2, 4 e 6
Refrigerado	0, 5, 10 e 15 %	0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12

### 5.3. Produção de maltodextrina

Para a produção da maltodextrina de amido de milho waxy, usou-se o amido de milho comercial Waxy da Corn Products de marca Amisol 4000. As amostras foram elaboradas no Laboratório de Processos do CERAT/UNESP, de acordo com a metodologia de McPherson e Seib (1997), com algumas modificações (Figura 13).

A produção da maltodextrina foi realizada em um reator de aço inoxidável fabricado pela A.B. Ranazzi & Cia Ltda/Bauru-SP com capacidade de 6,9 litros, 260 mm de altura e 175 mm de diâmetro. Este equipamento possui trocador de calor na parede externa sendo isolado por lã de vidro e o aquecimento é produzido por resistência elétrica fixadas externamente ao casco do reator encapsulado por uma segunda cobertura de isolante térmico para minimizar perdas de calor. Internamente possui acabamento do tipo espelhado com fundo semi-esférico com válvula para escoamento central, e o sistema de agitação possui um impelidor tipo âncora com diâmetro interno das pás de 170 mm e altura de 230 mm.

Para a produção das maltodextrinas aqueceu-se 2 litros de água à 90°C no reator, em seguida foi adicionada uma suspensão aquosa de fécula com 2,5 mL de enzima  $\alpha$ -amilase Termamyl 120L e 100 mg  $\text{CaCl}_2$ , sendo que o volume total utilizado no reator foi de 4 litros e a concentração de fécula foi de 30% (p/p) com pH 6,5. A hidrólise foi realizada de 90 a 95°C sob agitação mecânica por 10 a 25 minutos. Após a hidrólise, foi ajustado o pH a  $3,0 \pm 0,5$  com ácido clorídrico 3 M e resfriada a 60°C para a inativação da enzima. O pH foi ajustado novamente para  $6,5 \pm 0,5$  com hidróxido de sódio 3 M. As maltodextrinas foram filtradas em funil de Buchner a vácuo para a remoção de impurezas, e em seguida foram secas em “spray-dryer”.



**Figura 13.** Fluxograma da produção de maltodextrina de amido de milho waxy.

#### 5.4. Caracterização da matéria prima

As análises físico e químicas das raízes de mandioca foram realizadas no Laboratório de Análises do Centro de Raízes e Amidos Tropicais CERAT/UNESP. Todas as análises foram feitas em triplicatas.

#### **5.4.1. Umidade**

Para a determinação do teor de umidade, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 8 horas. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e novamente pesadas (AOAC, 1980).

#### **5.4.2. Cinzas**

Foi determinada pela combustão da matéria seca em mufla a 550°C durante 2 horas. Após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas (AOAC, “Association of Official Analytical Chemistry”, 1980).

#### **5.4.3. Fibra**

O teor de fibra foi determinado por hidrólise ácida seguida de hidrólise alcalina, segundo a metodologia da “American Association of Cereal Chemistry” (AACC, 1975).

#### **5.4.4. Matéria graxa**

A determinação de matéria graxa foi realizada em extrator Soxhlet, utilizando éter de petróleo para a extração (AOAC, “Association of Official Analytical Chemistry”, 1980).

#### **5.4.5. Proteína**

O teor de nitrogênio foi medido pelo método de Kjeldahl, conforme AOAC, “Association of Official Analytical Chemistry”, (1980). O fator utilizado para conversão do teor de nitrogênio em proteína bruta foi de 6,25.

#### **5.4.6. Açúcares Redutores (AR)**

A porcentagem de açúcares redutores foi determinada por Somogy, adaptado por Nelson (1944).

#### **5.4.7. Acidez titulável e pH**

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N de acordo com a técnica descrita pela AOAC (1980). O pH foi determinado em pHmetro á 24°C usando a metodologia descrita pela AOAC (1980).

#### **5.4.8. Amido**

Inicialmente hidrolisou-se as amostras de 0,2 gramas em triplicata com enzimas específicas (amilases) para quebrar as cadeias de amilopectina e amilose (ISO, 1987). Efetuou-se a leitura das amostras em absorvância pelo método de Somogy, Nelson (1944). Posteriormente, transformou-se os dados de absorvância em amido pelo fator 0,9.

### **5.5. Análise nas amostras dos tratamentos**

#### **5.5.1. Açúcares redutores (AR)**

A porcentagem de açúcares redutores foi determinada pelo método de Somogy adaptado por Nelson (1944).

#### **5.5.2. Umidade**

Para a determinação do teor de umidade, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 8 horas. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e novamente pesadas (AOAC, “Association of Official Analytical Chemistry”, 1980).

#### **5.5.3. Acidez titulável e pH**

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N de acordo com a técnica descrita pela AOAC (1980). O pH foi determinado em pHmetro á 24°C usando a metodologia descrita pela AOAC (1980).

#### **5.5.4. Textura**

Amostras de massa de mandioca cozida (3 amostras de cada tratamento) foram tiradas das embalagens e colocadas em copinhos de PVC de 50ml e recobertas em filme plástico para serem submetidas á avaliação de grau de dureza (resistência a força), no aparelho texturomêtro modelo Stevens-Lfra Textura Analyser utilizando uma velocidade de 2mm/s e profundidade de 20mm com sonda cilíndrica de acrílico tipo TA 02/1000. A unidade de medida registrada é o g/f.



### **5.5.5. Sinérese**

Foram retiradas amostras dos dois lotes de estocagem para observar se ocorreu o fenômeno da sinérese (liberação de água), conseqüência do fenômeno de retrogradação.

A metodologia utilizada foi adaptada por Guerreiro et al., (2001a) na qual as amostras foram submetidos à centrifugação em triplicata a 4000 rpm, durante 10 minutos, em centrífuga modelo GR 2022 marca Jouan, com rotor AG 100.14 de 8 tubos com capacidade de 100 ml. O resultado foi expresso em porcentagem, através da pesagem da água liberada durante a centrifugação em relação a massa inicial do gel.

### **5.5.6. Análise microbiológica**

As análises foram realizadas com três repetições, de acordo com o método do número mais provável (NMP), e investigaram a presença de coliformes termotolerante e totais e contagem de bolores e leveduras de acordo com Silva (2001).

Foram recolhidas para avaliações microbianas amostras aos 0 DAP (dia após o preparo) da massa e aos 15 DAP em estocagem refrigerada. Aos 7 DAP em estocagem ambiente a contaminação microbiológica foi visivelmente alta descartando assim a análise deste lote. Os resultados foram comparados com as normas de qualidade e os limites mínimos aceitáveis para a comercialização estabelecidos pela legislação vigente (SILVA, 2001). De acordo com estes limites, os produtos devem obedecer ao seguinte padrão: contagem padrão em placas: máximo,  $5 \times 10^5$  UFC/g; coliformes totais (35°C) e termotolerante (45°C): isento em 25g; contagem de bolores e leveduras: máximo,  $10^4$  UFC/g.

Optou-se apenas pelo controle dos coliformes termotolerante e totais devido à sua forma de transmissão, apontada na literatura consultada e, portanto, pela possibilidade de contaminação durante o processamento.

## **5.6. Análise sensorial**

### **5.6.1. Teste de aceitabilidade**

Amostras com 0 e 7 DAP (sendo aos 7 DAP utilizado o lote refrigerado) com 15% de maltodextrina de amido waxy foram utilizadas para o teste de aceitabilidade da massa produzida.

As amostras destinadas à análise de aceitabilidade foram retiradas das embalagens e elaboradas para duas receitas: purê e massa de mandioca frita. A opção por esta conduta foi aleatória e orientada pela diversidade culinária a partir da massa cozida processada.

O método utilizado foi o da Escala Hedônica, segundo Poste et al (1991). Foram utilizados 15 provadores não treinados, de ambos os sexos. A massa foi retirada da refrigeração e separada para dois procedimentos culinários: purê e massa de mandioca frita.

Para o preparo do purê de mandioca a massa foi cozida seguindo receita tradicional, com leite, margarina e sal até ponto de purê. No segundo procedimento a massa foi cortada em tiras uniformes de aproximadamente 6cm, fritas em óleo vegetal de soja quente e retirada quando começavam a flutuar estando com coloração dourada. Foram servidos em pratos e talheres descartáveis, com tamanho e quantidade uniforme. O teste de aceitabilidade foi realizado no período da tarde entre o horário de 15:00 e 16:00 horas.

Foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos variando de gostei extremamente a desgostei extremamente. As notas foram atribuídas posteriormente para o cálculo da média dos provadores. O modelo de ficha preenchida pode ser visualizado na Figura 14.

ANÁLISE SENSORIAL DE PURÊ DE MANDIOCAE MANDIOCA FRITA	
Avaliador:	
Por favor avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou do produto. Marque a alternativa que melhor reflita seu julgamento.	
<b>Purê de mandioca</b>	<b>Mandioca Frita</b>
Número da amostra:	Número da amostra:
<input type="checkbox"/> A-Gostei Extremamente	<input type="checkbox"/> A-Gostei Extremamente
<input type="checkbox"/> B-Gostei muito	<input type="checkbox"/> B-Gostei muito
<input type="checkbox"/> C-Gostei Moderadamente	<input type="checkbox"/> C-Gostei Moderadamente
<input type="checkbox"/> D-Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> D-Gostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> E-Indiferente	<input type="checkbox"/> E-Indiferente
<input type="checkbox"/> F-Desgostei Ligeiramente	<input type="checkbox"/> F-Desgostei Ligeiramente
<input type="checkbox"/> G-Desgostei Moderadamente	<input type="checkbox"/> G-Desgostei Moderadamente
<input type="checkbox"/> H-Desgostei Muito	<input type="checkbox"/> H-Desgostei Muito
<input type="checkbox"/> I-Desgostei Extremamente	<input type="checkbox"/> I-Desgostei Extremamente

Figura 14. Escala hedônica da análise sensorial do teste de aceitabilidade.

## 5.7. Planejamento experimental

O delineamento experimental de ambos os ensaios experimentais foi inteiramente casualizado, em dois blocos com esquema fatorial 4 x 7. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de concentrações de maltodextrina adicionada à massa de mandioca (0, 5, 10 e 15% sobre peso seco), com o tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias após o preparo). As amostras foram produzidas em triplicatas.

As avaliações do experimento conduzido em temperatura ambiente foram finalizadas no sexto dia após o preparo, devido a proliferação microbiana.

### 5.7.1 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As raízes coletadas e processadas apresentaram um grau de desenvolvimento adequado para o consumo de mesa, de modo que as características das pastas alimentícias produzidas foram uniformes em termos de textura sendo que a cor amarelada manteve-se durante todo o processamento e armazenamento. Não foram observadas mudanças das características físicas dos materiais durante o período de execução.

### 6.1. Caracterização da matéria-prima

A composição físico e química (matéria seca) das raízes da mandioca IAC 576-70 estão contidas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios da composição centesimal da raiz de mandioca 576-70 (% em m.s\*).

<b>Componentes Variáveis</b>	<b>Valores medidos (%)</b>
Umidade	58,63
Açúcar Redutor	0,69
Amido	89,21
Matéria Graxa	0,29
Cinzas	1,33
Proteína	1,18
Fibra	2,20
pH	5,90
Acidez titulável	4,5
Proteína	1,18

\*m.s = matéria seca.

Os teores de umidade de 58,63% assemelham-se aos encontrados por Grizotto & Menezes (2003) de 57,6 e Bezerra et al. (2002) de 57% em raízes 576-70 com oito meses, valores que podem estar associados a condição de pluviosidade da área de produção agrícola. O teor de amido, proteína, cinza, fibra pouco diferem dos valores encontrados por Feniman (2004), embora os valores de fibra, cinza e proteína estejam abaixo dos valores citados. Isto pode ocorrer em função da diferença de época de colheita da raiz, tipo de solo, adubação entre outros. Os valores de açúcar redutor e acidez estão acima dos valores encontrados por Grizotto & Menezes (2003).

## 6.2. Efeito dos tratamentos na massa de mandioca

### 6.2.1. Concentração de Açúcares Redutores (AR)

Em condição de temperatura ambiente os valores de açúcares redutores foram afetados pelo tempo de armazenamento (Tabela 4). O valor de AR para o tempo 0 foi inferior aos demais períodos de armazenamento. Em alguns tratamentos os maiores valores de AR a partir do segundo dia de armazenamento pode estar relacionado a degradação do amido e conseqüente transformação em açúcar. Este comportamento foi observado tanto para a massa de mandioca da testemunha quanto para as dos tratamentos com maltodextrina, conforme se constata na Figura 15.

Bezerra et al. (2002) também observaram acréscimos nos teores de AR em mandiocas sob o efeito de armazenamento. Os autores observaram variação crescente de 0,2 a 1,2 g glicose 100g<sup>-1</sup>, com o tempo de armazenamento. Os tratamentos com maltodextrina proporcionaram aumentos significativos nos teores de AR (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios de açúcares redutores (%) em massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)			
	0	2	4	6
0	0,12bD	0,57aC	0,64aC	0,66aC
5	0,52cC	0,81bBC	1,08aB	0,96abB
10	0,81cB	0,94bcAB	1,48aA	1,10bB
15	1,22cA	1,17cA	1,49bA	2,52 aA

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

Em ambiente refrigerado os valores de açúcares redutores também foram afetados pelo tempo de armazenamento (Tabela 5). Nesta condição de armazenamento os teores de AR aumentaram gradativamente com o passar do tempo e os maiores valores foram observados entre 10 e 12 DAP (Figura 15). Da mesma forma que o experimento em temperatura ambiente os produtos dos tratamentos com maltodextrina proporcionaram aumentos significativos nos teores de AR em todos os períodos de avaliação (Tabela 5).

As maltodextrinas são utilizadas em diversos usos industriais, Cereda et al (2002) relatam que as maltodextrinas são utilizadas como espessante ligante, substituinte de gordura, aumento de sólidos solúveis e aumenta o grau de doçura, fato este observado neste experimento.

A mandioca sendo um fruto climatério realiza funções metabólicas como a conversão do amido em açúcares. Fato este ocorrido no decorrer de dias de armazenamento, Bezerra et al (2002) relata que a embalagem proporciona um ambiente modificado eficiente no controle da respiração das raízes, pois geralmente o teor de ácidos orgânicos diminuem com a decorrência do processo respiratório ou da conversão dos mesmos em açúcares.

Tabela 5: Valores médios de açúcares redutores (%) em massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em armazenamento refrigerado (10°C).

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	0,12cD	0,31abcB	0,18abC	0,42abcC	0,38abcD	0,46abD	0,56aD
5	0,52cC	0,50cB	0,65bcB	0,90abB	1,10aC	1,18aC	1,16aC
10	0,81cB	1,04cA	1,66bA	1,76bA	1,74bB	2,18aB	1,71bB
15	1,22dA	1,20dA	1,75cA	1,80cA	2,60bA	2,95aA	2,41bA

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

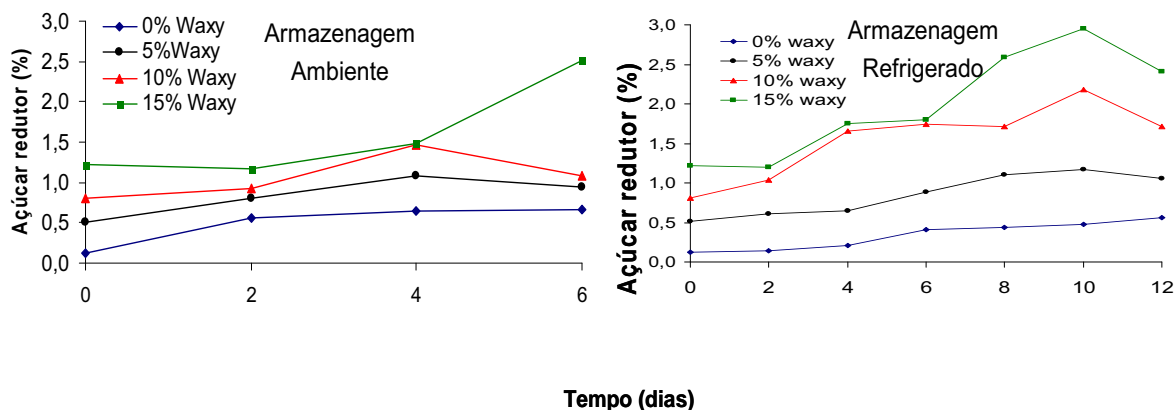


Figura 15. Perfil dos teores de açúcares redutores nas amostras de massa de mandioca armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.

### 6.2.2. Índice pH

Em temperatura ambiente, observou-se menor valor de pH para o tempo 0 e apenas para produto no tratamento testemunha (sem maltodextrina). Nos demais tratamentos não houve diferença no pH em decorrência do tempo de armazenamento. A adição de maltodextrina também não alterou os valores de pH (Tabela 6). Embora as diferenças não foram significativas, observa-se na Figura 16 que na avaliação aos 2 DAP os valores de pH tenderam a aumentar e na seqüência do armazenamento tenderam a decrescer. O decréscimo dos valores de pH provavelmente ocorreu devido a acidificação da massa com o passar do tempo. Bezerra et al. (2002) observaram acréscimo inicial do valor de pH e posterior diminuição para as raízes com o tempo de armazenamento.

Em condição refrigerada o valor de pH também foi menor para o tempo 0, porém neste caso o menor valor foi observado em todos os tratamentos (Tabela 7), enquanto que em temperatura ambiente o menor valor havia sido observado apenas para a testemunha (sem maltodextrina). Com a adição de maltodextrina houve alterações significativas do pH apenas no tempo 0 e 2 DAP, nestes casos os menores valores foram observados na testemunha. A partir do segundo dia de armazenamento não houve diferença, independente da porcentagem de maltodextrina utilizada (Tabela 7), conforme se constata na Figura 16. Isto mostra que a refrigeração aliada a embalagem a vácuo foram eficientes para evitar a acidificação da pasta de mandioca.

Tabela 6: Valores médios de pH na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)			
	0	2	4	6
0	3,67bA	4,36aA	4,41aA	4,11abA
5	4,07aA	4,29aA	4,32aA	4,07aA
10	4,05aA	4,27aA	4,20aA	4,10aA
15	3,87aA	4,28aA	4,21aA	4,10aA

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

Tabela 7: Valores médios de pH na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	3,67bB	4,10abC	4,45aA	4,30aA	4,25aA	4,30Aa	4,28Aa
5	4,07bA	4,34abAB	4,55aA	4,35abA	4,47abA	4,50abA	4,42abA
10	3,05bC	4,52aA	4,71aA	4,48aA	4,60aA	4,60aA	4,52aA
15	3,87bAB	4,36aAB	4,59aA	4,42aA	4,42aA	4,46aA	4,48aA

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

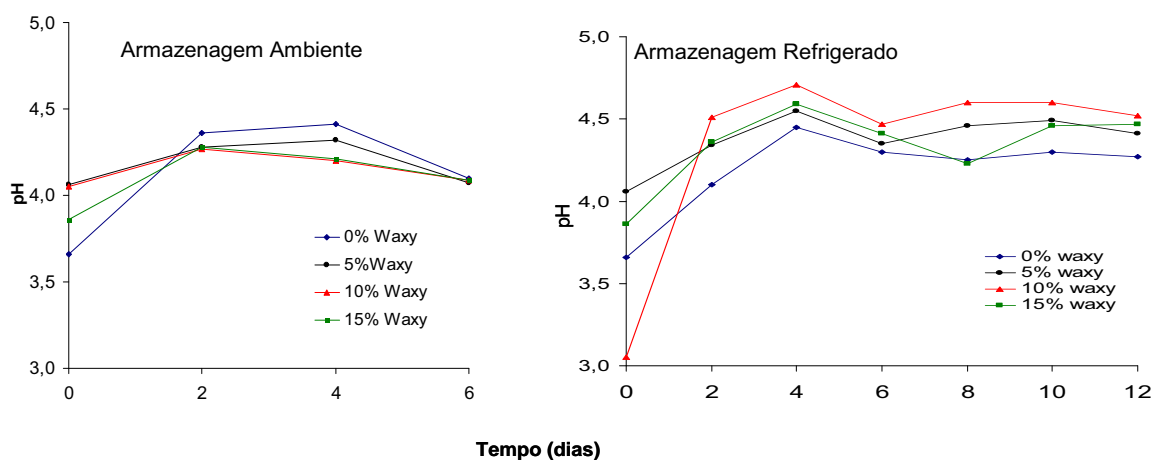


Figura 16. Perfil dos valores de pH nas amostras de massa de mandioca armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.

### 6.2.3. Acidez titulável (AT)

Em condição ambiente a AT apresentou aumento significativo no decorrer do tempo de armazenamento para todas as concentrações de maltodextrina (Tabela 8). O aumento da AT com o passar do tempo de armazenamento (Figura 17) é consequência das reações bioquímicas e microbiológicas no material, assim como na diminuição do pH



(Figura 16). Bezerra et al. (2002) também verificou a redução do pH e um aumento do AT em raízes minimamente processadas em condição de armazenamento ambiente. O aumento da AT no último dia de avaliação pode estar associado com a ação microbiológica.

Em condição refrigerada a AT foi menor no tempo 0. A partir de 2 DAP até 10 DAP não houve diferença. Aos 12 DAP os valores decresceram (Tabela 9).

O ligeiro aumento nos teores de acidez nas massas cozidas em condição refrigerada, possivelmente está relacionado ao início do processo fermentativo, que segundo Bezerra et al. (2002), é ocasionado por bactérias anaeróbias facultativas, capazes de consumir oxigênio e produzir ácidos orgânicos como o lático, butírico, acético, entre outros.

A tendência de comportamento da AT (Figura 17) é inversamente proporcional a tendência de comportamento do pH (Figura 16), ou seja, a pequena redução dos valores de pH foi suficiente para que ocorresse aumento da AT em condição ambiente. Ao iniciar o decréscimo da acidez em alguns tratamentos em refrigeração; o processo fermentativo que produzia ácido foi parcialmente inibido, em consequência, elevou-se o pH.

Alves et al (2004) também observaram aumento e logo após decréscimo dos valores de AT e seguidas de elevações de pH, em mandiocas minimamente processadas seladas a vácuo e condicionadas sob refrigeração.

Tabela 8. Valores AT (%) na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)			
	0	2	4	6
0	4,22cA	4,50cB	6,90bB	11,67aA
5	4,30dA	6,03cA	8,33bA	12,17aA
10	4,26dA	6,30cA	8,30bA	11,87aA
15	4,52dA	6,67cA	8,83bA	12,37aA

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

Tabela 9. Valores AT (%) na massa de mandioca cozida com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)							
	0	2	4	6	8	10	12	
0	4,22cA	4,1cB	5,4bA	6,0abAB	6,60aA	6,32aAB	6,03abA	
5	4,30bA	6,06aA	5,50aA	5,80aB	5,80aB	5,80aB	4,17bB	
10	4,26bcA	5,50aA	5,33aA	5,33aB	5,0abC	5,0abC	4,0cB	
15	4,52bA	6,0aA	5,83aA	6,57aA	6,13aAB	6,58aA	4,67bB	

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

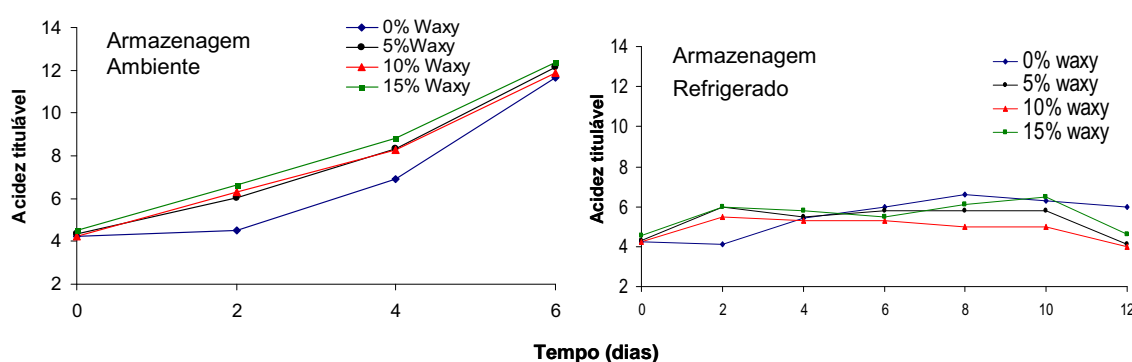


Figura 17. Perfil dos valores de acidez titulável nas amostras de massa de mandioca armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.

#### 6.2.4. Teor de umidade

Em temperatura ambiente a umidade não foi influenciada pelo armazenamento. A adição de maltodextrina também não interferiu neste parâmetro (Tabela 10). A baixa variação dos valores pode ser observada na Figura 18. Alves et al (2004) também não observaram diferença entre os teores de umidade de raízes minimamente processadas. Os autores verificaram que nos tratamentos selados a vácuo os índices de perda de umidade são mínimos. O teor médio de umidade em condição ambiente das amostras neste trabalho foi de 54,5%, valor abaixo do encontrado por Bezerra (2000) de 57,01%. Essa diferença pode estar relacionada à diferença de idade das raízes colhidas.

Em relação à umidade em ambiente refrigerado também não houve diferenças significativas entre os dias de armazenamento e nem em função dos tratamentos com maltodextrina (Figura 18). Assim como na condição de temperatura ambiente houve pouca variação dos valores (Figura 18).

Segundo Carvalho et al. (1982) e Guimarães et al (2002), o teor de água é um dos aspectos mais importantes da conservação de raízes pela influência direta na durabilidade das mesmas.

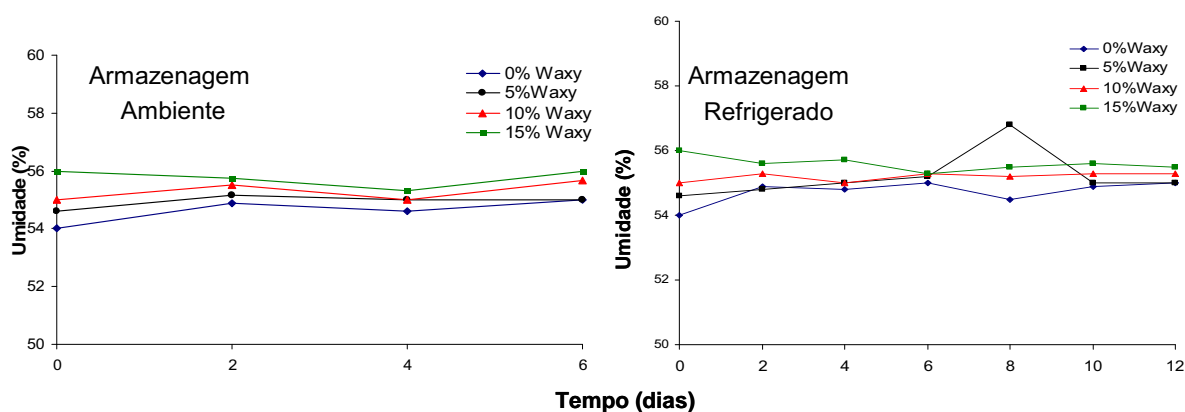


Figura 18. Perfil dos valores de umidade nas amostras de massa de mandioca armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.

### 6.2.5. Análise de textura

A análise de textura em condição de armazenagem ambiente mostrou diferenças significativas para todos os fatores avaliados (Tabela 12). As texturas verificadas na massa de mandioca cozida em temperatura ambiente (Figura 19) tiveram comportamento constante, com aumento do grau de força exercido (g/f) com o passar dos dias. Também foi verificado que com o aumento das concentrações de maltodextrina, os valores da textura eram menores em relação à testemunha no decorrer dos dias.

Nas amostras armazenadas em temperatura refrigerada, a textura alcançou valores maiores quando comparados à condição ambiente, mostrando que a condição refrigerada proporcionou uma reorganização das estruturas químicas dos polissacarídeos amiloses e amilopectinas no purê dando a ele um aspecto endurecido (Figura 19). Enquanto os valores da textura em condição ambiente variava entre 87 a 422 (g/f), os purês em condição refrigerado estavam entre 228 a 990 (g/f). Essa diferença está relacionada com o condicionamento a frio, levando assim a um “endurecimento” da massa. Esses altos valores

revelam uma tendência a retrogradação da massa ao passar dos dias, sendo esse processo amenizado com maiores concentrações de maltodextrinas de amido de milho waxy.

Não foi encontrado na literatura parâmetro para textura em massa de mandioca cozida, entretanto, são encontrados trabalhos com raízes *in natura*. Feninam (2004) mostrou a diferença de textura de raízes cozidas em duas épocas de colheita (12 e 15 meses), esta análise de textura instrumental foi realizada no analisador de textura Ta-XT2i, utilizando o *probe* P-36R (cilíndrico) e plataforma HDP/90; mostrando que as raízes com 12 meses apresentavam menor dureza que raízes de 15 meses, foi. Nas amostras com 14 meses as raízes cozidas chegaram a 3.000 (g/f).

Ensaio com produtos de texturas similares foram realizados como parâmetros de comparação. Um dos produtos utilizados foi a polenta de milho industrializada da marca Yoki. Os valores obtidos foram 162 (g/f) utilizando a ponteira sonda cilíndrica de acrílico tipo TA 02/1000. O mesmo parâmetro de comparação foi repetido com queijo minas fresco, marca Hércules e os valores obtidos foram 440 (g/f). O menor valor de textura da polenta pode estar relacionado as cadeias longas de amilopectinas e ao menor índice de retrogradação. Os valores de textura do queijo minas foram inferiores aos valores em condição ambiente e semelhantes a condição refrigerado até o sexto dia após preparo da massa com 15% de maltodextrina. A textura da massa de mandioca em condição refrigerada a partir do quarto dia excedeu a do queijo, o que no entanto, não prejudica sua aceitação, visto que o consumidor aceita naturalmente textura superior ao queijo minas, como é o caso do queijo parmesão. Salienta-se que a massa de mandioca pode ser armazenada em condição ambiente, desde que se ajuste a quantidade adequada de aditivos para prolongar o tempo de conservação.

Tabela 10: Valores médios da textura (g/f) nas amostras de massa de mandioca cozida nos tratamentos com maltodextrina (waxy) em função do tempo na temperatura ambiente.

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)			
	0	2	4	6
0	109bA	361aA	427aA	423aA
5	99cA	268bB	345abA	390aA
10	96cA	197bB	233bB	341 aAB
15	95bA	129bB	228aB	268 a B

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

Tabela 11: Valores médios da textura (g/f) nas amostras de massa de mandioca cozida nos tratamentos com maltodextrina (waxy) em função do tempo em ambiente refrigerado (10°C).

% Waxy	Tempo de estocagem DAP (dias após o preparo)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	109dA	361dA	799cA	886abcA	829bcA	944abA	990aA
5	99cAB	268cAB	637bB	771aB	771aAB	869aAB	845aBC
10	96dB	233dB	615cB	698bcB	714bcC	767bC	945aAB
15	95eB	228eB	445dC	505cdC	586bcD	644bD	764aD

Médias com a mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de tukey a 5%.

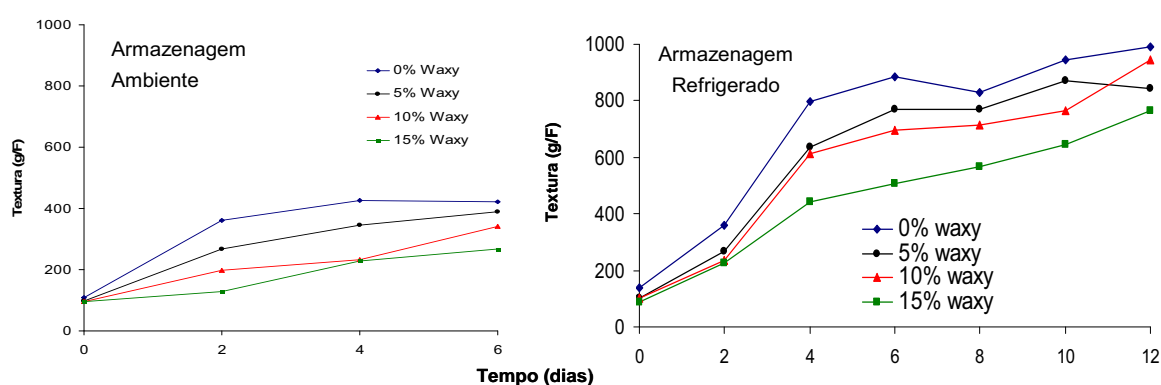


Figura 19. Perfil dos valores de textura nas amostras de massa de mandioca armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração em função da concentração de maltodextrina de amido waxy adicionado e tempo de armazenamento.

### 6.3. Análise Microbiológica

De acordo com as análises os resultados mostraram que os valores encontrados (Tabela 14) para contagem padrão em placa (bactérias mesófilas) e bolores e leveduras estão dentro dos padrões aceitáveis pela legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2001). Aos 15 DAP para as amostras armazenadas sob refrigeração o NMP/g de microorganismos aumentaram, ficando dentro dos limites de aceitabilidade propostos pela RDC nº12 de 2 de janeiro de 2001 (raízes, tubérculos e similares branqueados ou cozidos, inteiros ou picados, estáveis a temperatura ambiente, refrigerados ou congelados para consumo direto).

Observa-se na Tabela 14 que a contagem de coliformes totais (35°C) e termotolerante (45°C) foi isento em 25g estando dentro dos padrões exigidos pela legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2001). Nas amostras armazenadas em temperatura

ambiente aos 7 DAP a proliferação microbiológica foi visivelmente alta, sendo necessário o descarte das amostras (Figura 20).



Figura 20: Amostra ao sete DAP (sob condição ambiente), com formação de bolores.

A baixa atividade microbiológica, determinada através dos parâmetros estudados, poderia ser atribuída a alguns fatores, como: o baixo nível de contaminação das amostras durante o processamento, manipulação e armazenamento; como também a temperatura de armazenamento das massas.

Tabela 12. Análises microbiológicas na massa de mandioca (em UFC/g) no zero e quinze DAP (dias após o preparo) em armazenagem refrigerado.

<b>DAP</b>	<b>Contagem Total</b>	<b>Contagem Bolores e Leveduras</b>	<b>Coliformes Termotolerante e Totais</b>
0	1,3	0,1	Isento em 25g
15	4,3	2,5	Isento em 25g

#### 6.4. Sinérese

A sinérese em todos os tempos e tratamentos foi zero. Esse resultado é relevante quando se trabalha com desenvolvimento de produto alimentício por este material não liberar água e manter sua umidade. Não se recomenda amidos normais devido a sinérese. Nesse caso, amido de milho de waxy (por apresentar maior estabilidade ao frio) é indicado a alimentos refrigerados (WEBER, 2005).

## 6.5. Teste de Aceitabilidade do purê e mandioca frita

A aceitação sensorial em relação aos atributos cor, aparência e textura dos produtos desenvolvidos a partir da massa de mandioca (purê e mandioca frita), foram avaliados com fatores de caráter de interesse econômico.

### 6.5.1. Aceitabilidade do purê de mandioca

A aceitabilidade relacionada aos termos de agrado dos produtos desenvolvidos no decorrer de duas semanas está expressas nas Figura 21.

Em relação a cor do purê de mandioca desenvolvido, as notas de aceitabilidade mostraram que cerca de 50% gostaram muito no 0 DAP (dia após o preparo); pouco se diferiu aos 7 DAP (40%), gostaram moderadamente. Cerca de 12% foram indiferente a cor aos 7 DAP. Costa 2005 em seu trabalho com diferentes tempos de cozimento da mandioca observou que quanto maior o tempo de cozimento das raízes maior a intensidade da cor amarela, diferenciando-se para melhor, estatisticamente, dos outros tratamentos.

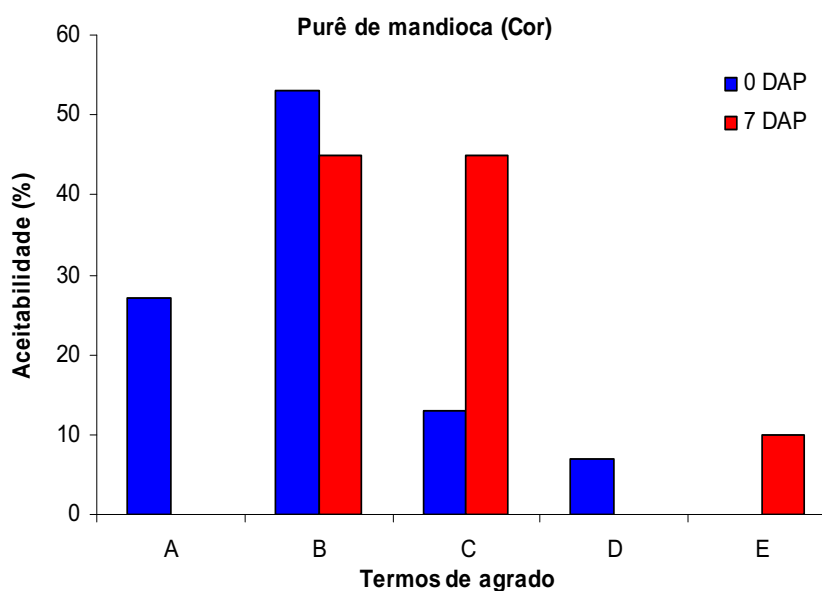


Figura 21. Aceitabilidade da Cor do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B:Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente; E: Indiferente. DAP: Dias após o preparo.

Aos 7 DAP 80% dos provadores gostaram muito da aparência do purê (Figura 22), e no 0 DAP de análise esse termo não chegou aos 50% . Este resultado revela que ao decorrer dos dias, a aparência do purê preparado não foi alterada. Entre 20-30% gostaram moderadamente em ambos os DAP. Costa 2005 verificou que aos 6 dias de avaliação, houve diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de cocção para o atributo cor, maciez, sabor e avaliação geral.

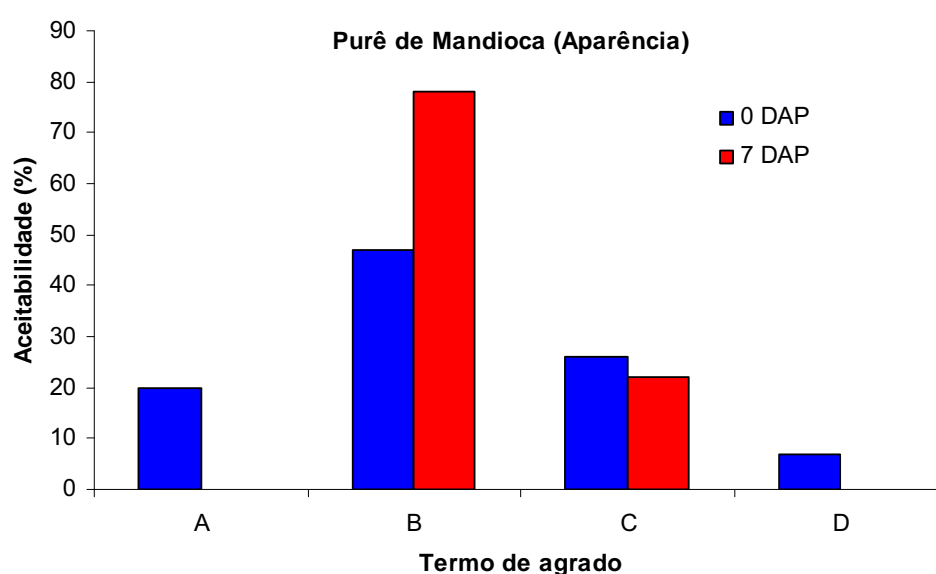


Figura 22. Aceitabilidade da Aparência do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B: Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente. DAP: Dias após o preparo.

Os principais termos utilizados pelos provadores no 0 DAP para a aceitabilidade da Textura (Figura 23) foram gostei muito e moderadamente; estes mesmos termos foram atribuídos aos 7 DAP. Contudo, o termo indiferente e desgostei ligeiramente se expressam aos 7 DAP, resultado que pode ter sido influenciado pela retrogradação ocorrida na massa no decorrer dos dias, também expresso nas análises de Textura 5.1.4. No trabalho realizado por Costa (2000) um aumento no tempo de cocção promoveu diferenças estatisticamente significativas no grau de maciez do produto, sendo que os tempos de cocção de 10 e 7 minutos apresentaram produtos melhores.



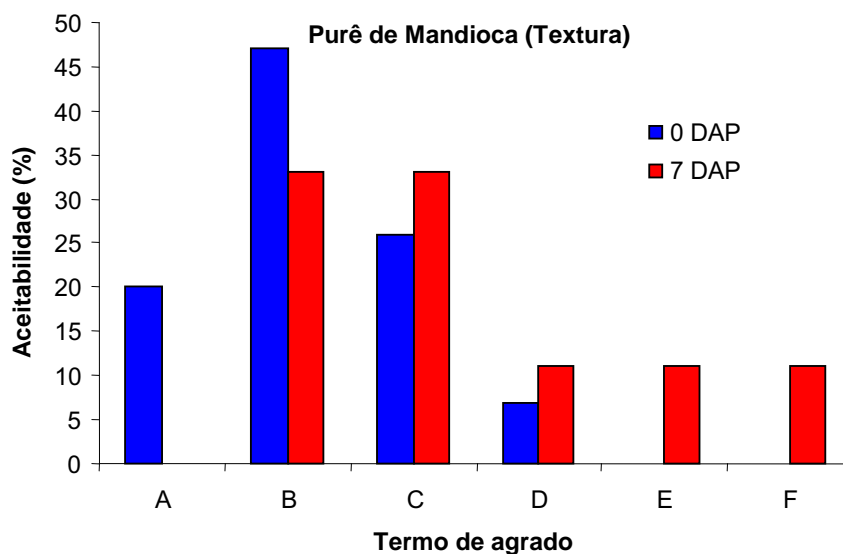


Figura 23. Aceitabilidade da Textura do purê de mandioca em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B: Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente; E: Indiferente; F: Desgostei Ligeiramente. DAP: Dias após o preparo.

### 6.5.2. Aceitabilidade da massa de mandioca frita

A Figura 24 mostra a variação dos conceitos dos provadores em relação a Cor da mandioca frita. Aos 0 e 7 DAP aproximadamente 80% dos provadores atribuíram conceito B (gostei muito), e entre 12-15% gostaram moderadamente. A análise mostrou que os dias após o preparo não alteraram a cor da massa de mandioca frita.

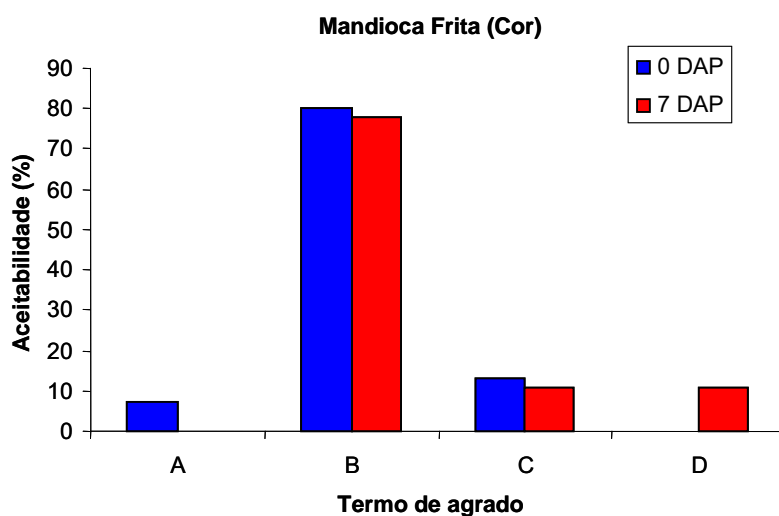


Figura 24. Aceitabilidade da Cor da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B: Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente. DAP: Dias após o preparo.

O conceito dos provadores em relação à aparência da mandioca frita, tanto no zero como ao sete DAP ficaram entre 60-80% (Figura 25) com termo B (gostei muito), assim como na cor da massa de mandioca frita a aparência também não sofreu variação ao decorrer dos dias.

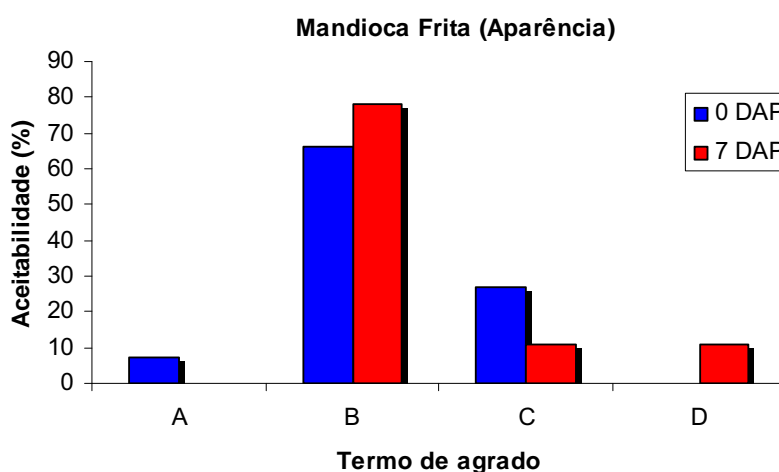


Figura 25. Aceitabilidade da Aparência da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B: Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente. DAP: Dias após o preparo.

A Figura 26 mostra que 80% dos provadores gostaram muito da Textura no zero DAP, e cerca de 35% atribuíram o conceito B (gostei muito) e C (Gostei moderadamente) aos sete DAP. Nesse ponto de avaliação foi notado que em torno de 15% atribuíram conceito F (desgostei ligeiramente) da textura da massa frita, resultado que pode estar relacionado ao processo de retrogradação da massa.

Menezes & Grizzoto (2003) avaliando a aceitação de chips de mandioca, observaram que à medida que os chips foram sendo submetidos a tempos de cozimentos mais prologandos aumentavam os comentários em relação à textura dos chips. Isso pode indicar que o cozimento melhora as características da textura dos chips.

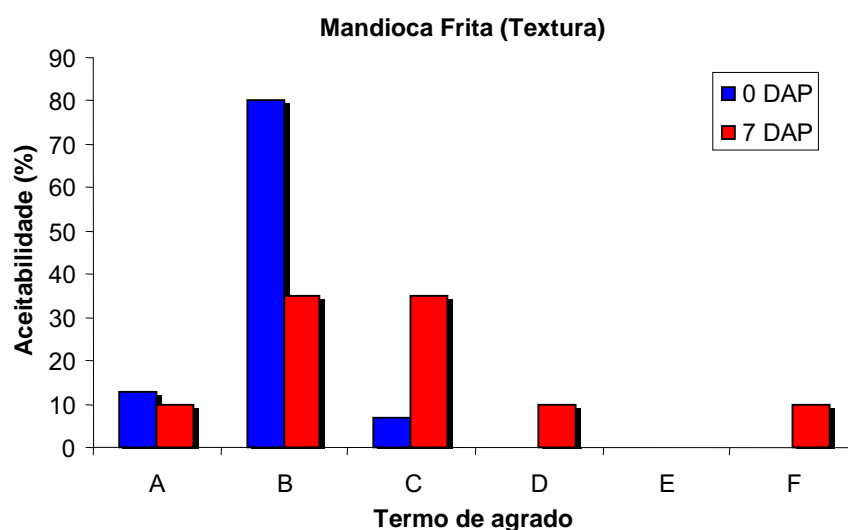


Figura 26. Aceitabilidade da Textura da mandioca frita em relação ao termo de agrado do purê de mandioca. A: Gostei Extremamente; B: Gostei muito; C: Gostei Moderadamente; D: Gostei ligeiramente; E: Indiferente; F: Desgostei Ligeiramente. DAP: Dias após o preparo.

## **7. CONCLUSÕES**

O teor de maltodextrina de amido de milho waxy a 15% mostrou-se eficaz ao controle do aumento da textura.

Os três atributos utilizados (cor, aparência e textura) dos produtos desenvolvidos a partir da massa de mandioca com 15% de maltodextrina de amido waxy não alteraram a qualidade de consumo com o tempo.

A massa alimentícia de mandioca com adição de maltodextrina (waxy), é um produto de fácil elaboração e boa aceitabilidade, apresentando viabilidade para ser produzida em escala industrial.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, T.T.O.; MIRANDA, L.C.G.; SALIM, J.; TELES, F.F.F.; QUIRINO, J.G. Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Mandioca**. V.12, n.1, p. 7-12, jan.1993.

ALEXANDER, J.R. Maltodextrins. Production, properties and application. In: SCHENCK, E.W; HEBEDA, R.E. **Starch Hydrolysis Products**, vhc, New York, 1992, p.233-275.

ALVES, A.; CANSIAN, R.L.; STUART, G.; VALDUGA, E. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*manihot esculenta* crantz) minimamente processadas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 330-337, mar./abr., 2005.

ARAÚJO, A.P.; **Diretrizes para elaboração do plano nacional de mandioca**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005. Disponível em:< [www.abam.com.br](http://www.abam.com.br)>. Acessado em: Março, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 12° ed. Washington, 1975. 1094p.

AOAC. Association of Agricultural Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 13.ed. Washington: s.n., 1980. 109p.

BEZERRA, V. S. et al. **Processamento mínimo em mandioca: alterações na qualidade e componentes nutricionais**. In: Congressos Brasileiros de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: [s.n.], 2002.

BEZERRA, V. S. **Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG. 2000.

BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D.; VILELA, E. R. **Raízes de mandioca minimamente processadas: Efeito do branqueamento na qualidade e na conservação.** 2002, v.26, n.3, p.564-575. Ciência agrotécnica, Lavras.

BERGHMANS, E.F.; WALON, R.G.P. **GB Patent nº 1.470.325.** 1977.  
BILIADERIS, C.G. Structures and phase transitions of starch in food systems. **Food Technology**, Chicago, v.46, n.6, p.98-109, 1992.

BLANCHARD, P.H.; KATZ, F.R. Starch hydrolysates. In: STEPHEN, A.M. **Food Polysaccharides and their Application.** New York: Marcel dekker, 1995. p.99.

BNF - British Nutrition Foundation. 1990. Complex carbohydrates in foods: the report of The British Nutrition Foundation's Task Force. London: Chapman & Hall. Borneo F. 1993. Technological treatments of cereals. Repercussions on the physiological properties of starch. **Carbohydrate Telym** 21(2/3):195-203.

BORGES, M. de F.; CARVALHO, V. D. de; FUKUDA, W. M. G. Efeito de tratamento térmico na conservação pós-colheita de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 11, n. 1, p. 7-18, jun. 1992.

BOOTH, R. H. . **A review on root rot diseases in cassava.** In: CASSAVA PROTECTION WORKSHOP, 1978. Proceedings... Cali, CIAT, p.121-23, 1978. (Séries CE-14).

BRASIL. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n. 12, de 12 de janeiro de 2001. **Diário Oficial União**, Brasília, 10 jan. 2001.

BULPIN, P.V.; CUTLER, A.N.; DEA, I.C.M. Thermally reversible gels from low DE maltodextrins. In: PHILLIPS, G.O.; WEDLOCK, D.J.; WILLIAMS, P.A. **Gums and Stabilisers for the Food Industry 2.** IRL Press, Oxford, 1984, p. 475.

BUTARELO, S.S.; BELEIA, A.; FONSECA, I.C.B.; ITO, K.C. Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (*manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimento.** Campinas, 24(3): 311-315, jul.-set. 2004.

CAGNON, J.R.; CEREDA, M.P.; PANTAROTTO, S. **Glicosídeos cianogênicos das cassava: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem.** In: Cereda. M.P. (Coord.). *Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas.* São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v.2, cap.5, p.83-99. (Série Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

CAMPOS, S.D.S. Textura de alimentos. In: CAMPOS, S.D.S; GONÇALVES, J.R.; MORI, E.E.M.; GASPARETTO, C.A. **Reologia e textura em alimento.** Campinas, p.12-16. 1989.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil.** 2003. 188p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Armazenamento pós-colheita da mandioca: II. efeito das alterações no grau de deterioração fisiológica e na composição físico-química e química de seis cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v. 1, n. 1, p. 23-34, 1982.

CEREDA, M., P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 1, cap1, p. 13-20, 2002.

CEREDA, M.; VILPOUX, O.L. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo, 2003, vol.3, 711p.

CEREDA, M. P. Amidos Modificados. **Bol. SBCTA**. n. 30, v. 1, p. 31-36, 1996.

CEREDA, M.P.; OLIVEIRA, M. A.; ADRIANA L.S.; PANTAROTO, S. **Comportamento físico químico e culinário de raízes de mandioca CV IAC 576-70, processadas como minimamente processadas, tratadas com ácido cítrico e hipoclorito de sódio e embaladas a vácuo em sacos de polietileno, por 04 semanas a 4°C**. II Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Viçosa, MG, 2000.

COCK, J.H. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali: CIAT, 1990. 240p.

COLLISON, R. Starch Retrogradation. In: “**Starch and its derivatives**”, Chapman and Hall Ltd. London. 1968, 194p.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 05/junho/2008.

COSTA, M.G.S.; **Parâmetros para elaboração de mandioca pronta para consumo armazenada sob refrigeração**. 2005. Campinas, 71p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/ Tecnologia Pós Colheita) - Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP.

COUTINHO, A.P.C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 137p. Dissertação – (Mestrado /Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

CUENCA, M. A. G., MANDARINO, D.C.; **Aspectos Agroeconômicos da Cultura da Mandioca: Características e Evolução da Cultura no Estado de Sergipe entre 1990 e 2004**. Aracaju, SE 2006 ISSN 1678-1953 Dezembro, 2006. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

EGGLESTON, G.; ASIEDU, R. Effects of boiling on the texture of cassava clones: a comparison of compressive strength, intercellular adhesion and physicochemical composition of the tuberous roots. **Tropical Science**, v.34, n.3, p.259-273, Mar. 1994.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Agropecuária disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acessado em: Março. 2008.

FENIMAN, C.M.; **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) do cultivar 576-70 quanto á cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheitas**. 2004. Piracicaba, 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de alimento)- Escola Superior de Agricultura - “Luiz de Queiroz”, ESALQ.

FERREIRA, V.L.. **Análise sensorial - Testes discriminativos e afetivos**. Manual série qualidade profíqua/Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 60p, 2000.

FERREIRA, M.E. **Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)**. 1986. Lavras, 101p. Dissertação – (Mestrado /Ciências dos Alimentos). ESAL.

FREDRIKSSON, H.. et. al. Studies on a-amilase degradation of retrograded starch gels from waxy maize and high-amylopectin potato. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 43, p.81-87, 2000.

FREITAS, R.A ; GORIN., P.A.J.; NEVES, J.; SIERAKOWSKI, M.R. **A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches**. **Carbohydrate Polymers**, v.51, p.25-32, 2003.

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

GERMANI, R. **Retrogradação de géis de amido de milho: Influência de açúcares, lipídeos e tipos de amido**. 1981. Campinas, 122p. Tese – (Doutorado /Tecnologia de Alimentos). Universidade estadual de Campinas. Faculdade de engenharia de alimentos. UNICAMP.

GIMENEZ, R. . **Deterioração fisiológica e alguns componentes químicos em seções de raízes de mandioca cv. Guaxupé durante o armazenamento**. Tese. ESAL, 1991.

GRIZOTTO, R.K.; MENEZES, H.C. Avaliação da aceitação de “chips” de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 23 (Supl), p.79-86, dezembro, 2003. Campinas, SP.

GUIMARÃES, H. M. A. et al. Deterioração pós colheita da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*.) mansa da cultivar cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, p.18, Porto Alegre, RS. Anais, 2002.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate polymers**, v.45, p.253-267, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Norme Internacionale: Riz determination de la teneur en amylose**. Suisse, 1987, 4p. (ISO, 6647).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Produção agrícola nacional. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em: 05 junho 2008.



- JACQUES, K.; LYONS, T.P.; KELSALL, D.R. The alcohol textbook. Nottingham: Nottingham Press, 3. ed., 1999, 386p.
- JUNK, W.R., PANCOAST, H.M. Corn syrups an sugar, In: Handbook of sugars : for processors, chemists and technologists; **The Avi Publishing Company, INC.** Westport, Connecticut, 1973, section II, p. 89-181.
- KANTHACK, R. A. D. et al. Inovações, desafios e estrangulamentos na cultura da mandioca em São Paulo. In: **WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIAS EM AGROINDÚSTRIAS DE TUBEROSAS TROPICAIS**, v.4, 2006, Botucatu. UNESP, 2006. p. 25-45.
- KATO, M.S.A.; CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. Influência da espessura de embalagem de polietileno na deterioração fisiológica em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.8, p. 803-809, 1988.
- KATO, M. do S. A.; SOUZA, S. M. C. Conservação de raízes após colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 9-14, jan. 1987.
- KAWABATA, A.; SAWAYAMA, S.; ROSARIO,R.R.; NOEL, M.G. Effect of storage and heat treatments on the sugar constituents in cassava and yambean roots. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Tokyo, v.33, n.6, p.441-449, 1986.
- KEARSLEY, M.W.; TABIRI, J.N.; **The enzymic hydrolysis of starch containing crops.** Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, v.12, n.4, p.199-202, 1979.
- KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J.; TAYLOR, D.W. **Maltodextrins.** In: KEARSLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. Blackie Academic & Professional, 1995. p.65-82.
- LELOUP, V.M.; COLONA, P.; RING, S.G.; ROBERTS, K.; WELLS, B. Microstructure of amylose gels. **Carbohydrate Polymers**, v.18, p.189-197. 1992.
- LINEBACK, D.R. The starch granule: organization and properties. **Bakers Digest**, v.58, n.2, p.16-21,1984.
- LORENZI, J. O.; PEREIRA, A. S.; MONTEIRO, D. A.; RAMOS, M. T. B. Características agronômicas e culinárias de clones de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 2, p. 247-253, 1988.
- LORENZI, J.O.; Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. "International Meeting on Cassava Flour and Starch", Cali, Colômbia, janeiro de 1994. **Bragantia**, Campinas-SP. V. 52(2), p.237-245. 1994.
- LORENZI, J.O. MANDIOCA. 1ª ed. Campinas, CATI, 2003. 116 p. **Boletim Técnico**, p.245.
- LORENZI, J.O., et al. **II Workshop sobre tecnologias em agroindústrias de tuberosas tropicais.** CERAT, anais 2ª ed., p.153, Botucatu, 2004.

- MARTINS, P.C. **Estudo da influência de uma fase lipídica na aglomeração de pós alimentícios**. 2006. Campinas, 178p. Tese – (Doutorado /Engenharia de Processos). Universidade estadual de Campinas. Faculdade de engenharia de alimentos. UNICAMP.
- MCPHERSON, A.E.; SEIB, P.A. **Preparation and properties of wheat and corn starch maltodextrins whit a low dextrose equivalent**. *Cereal Chemistry*. V.75, n.4, p.424-430, 1997.
- MILES, M.J.; MORRIS, V.J.; ORFORD, .D.; RING, S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research**, Oxford, v.135, p.271-281, 1985.
- MISHRA, S., RAI, T. **Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches**. 2001. Índia. Dairy Chemistry Division, National Dairy Research Institute.
- MOREHOUSE, A.L.; MALZAKS, R.C.; DAY, J.T. **U.S. Patent 3.663.369**, Grain processing Co. 1972.
- MOORTHY, S.N. **Tuber crops starches**. Sreekariyam, Thiruvananthapuram, Kerala, India: Central Crops Research Institute. p.1-40. 1994.
- MUNHOZ, M.P., WEBER, F.H., CHANG Y.K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimento**. Campinas, v.24(3), p.403-406, jul.-set. 2004.
- NELSON, N. A. Photometric adaptation of the somogy method for the determination of glucose. **Journal Biology Chemists**. Baltimore, n.º 153, p. 375-380, 1944
- NORMANHA, E.S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agrônômico**. V.40, n.1, p.13-14, jan./abr. 1988.
- OLIVEIRA, M. A.; PANTAROTO S.; CEREDA M. P. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. 2003, v.6, n.2, p. 339-344. **Brazilian Journal of food Technology**.
- ORDÓNEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos**. Porto Alegre, vol. 1, 2005, 294 p.
- PARANAÍBA, JOSÉ LUIZ VILELA. **Alterações na deterioração fisiológica, cocção e composição química pós colheita de raízes de mandioca devido a poda e uso de embalagem de polietileno**. Dissertação – (Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras. MG. 1993.
- PEREIRA, A. S.; LORENZI, J.O. ; VALLE, T.L. . Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandiocas de mesa. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v.4, p.27-32, 1985.

- PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) –Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2003.
- PEQUENO, M. G.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. de R. Efeito do congelamento no tempo de cocção e em alguns componentes químicos das raízes de sete cultivares de mandioca. **Revista Brasileira da Mandioca**. Cruz das Almas, v.10, p.81-85, 1991.
- PLUMBLEY, R.A.; RICKARD, J.E. Post-harvest deterioration of cassava. **Tropical Science**, v.31, p.295-303, 1991.
- RESCHSTEINER, M.M. **Produção, digestibilidade e amido resistente em biscoitos extrusados a partir de farinha e fécula de batata doce e mandioca**. 2005. 104p. Dissertação – Mestrado /Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.
- RIMOLDI, F.; FILHO, P.S.V.; VIDIGAL, M.C.G.; CLEMENTE, E.; PEQUENO, M.G.; MIRANDA, L.; KVITSCHAL, M.V. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. 2006. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 28, n. 1, p. 6369, Jan./March, 2006.
- RODRIGUES. R.A.F. **Preparo, caracterização e avaliação funcional de microcápsulas obtidas por spray drying, contendo extrato de café crioconcentrado**. 2004. Campinas, 258p. Tese – (Doutorado /Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição). Universidade estadual de Campinas. Faculdade de engenharia de alimentos. UNICAMP.
- SAJILATA M.G.; SINGHAL S. R.; KULKARNI, P.R. Resistant Starch — A Review. 2006, vol6. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. Matunga, Mumbai, India.
- SILVA, F.I.; CABELLO, C. Caracterização das estruturas moleculares de amido de mandioca utilizando metodologia de permeação em gel. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu. V.21, n.1, p.50-68, 2006.
- SILVA, N.; AMSTADEN, V.C. **Manual de Análise Microbiológica de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1997. 2ª edição – 2001.
- SOLOMONS, G., FRYHLE, G. **Química Orgânica**. Tradução Whei Oh Lin . 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 645p.
- STEPHEN, A.M.; **Food polysaccharides and their application**. New York. Marcel Dekker, Inc. 654p. 1995.
- TAKAHASHI, M.; VILPOUX, O.; CEREDA, M.P.; **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas**., p.30, vol.3, São Paulo, 2004.

TERNES, R. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. (Coord.). **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino – americanas**. São Paulo. Fundação Cargill, 2002. 540 p. (Séries: culturas amiláceas latino – americanas, 2).

THOMAS, D.J.; ATWELL, W.A. Starches. Saint Paul: s. 1999. 94p.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MÜHLEM, G. S.; VILLELE, O, V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca (*Manihot esculenta* ssp *esculenta*) originados do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, Campinas. 2000.

WEBER, F.H. **Interações físico-químicas entre amidos de milho e hidrocolóides (gomas guar e xantana) e seus efeitos nas propriedades funcionais**. 2005. Campinas, 135p. Tese – (Doutorado /Tecnologia de Alimentos). Universidade estadual de Campinas. Faculdade de engenharia de alimentos. UNICAMP.

WHISTLER, R.L.; DANIEL, J.R. Carbohidratos. In: FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza. Acribia, 1993. p. 81-156.

YANKOV, D.; *et al.* Study of optimum conditions and kinetics of starch hydrolysis by means of thermostable alfa-amilase. **Enzyme Microb. Technol.**, v.8, p.665-, 1986.