

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**Caracterização Física, Físico Química e Potencial Tecnológico de
novas Cultivares de Mandioca**

Helayne Aparecida Maieves
Engenheira Agrônoma

Orientadora: Prof. Dra. Edna Regina Amante

Florianópolis
2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**Caracterização Física, Físico Química e Potencial Tecnológico de
novas Cultivares de Mandioca**

Helayne Aparecida Maieves

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.
Área de concentração: Desenvolvimento de Processos na Indústria de Alimentos.

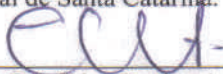
Florianópolis
2010

“Caracterização física, físico química e potencial tecnológico de novas cultivares de mandioca”

Por

Helayne Aparecida Maieves

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.



Profª. Drª. Edna Regina Amante


Orientadora




Profª. Drª. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Coordenadora

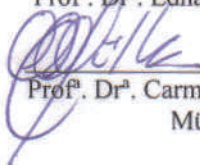
Banca Examinadora:



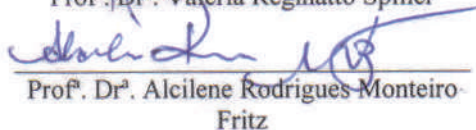
Profª. Drª. Edna Regina Amante



Profª. Drª. Valéria Reginatto Spiller



Profª. Drª. Carmen Maria Olivera
Müller



Profª. Drª. Alcilene Rodrigues Monteiro
Fritz

Florianópolis, 01 de abril de 2010.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por estar sempre na minha vida e guiar meus caminhos.

Aos meus queridos e maravilhosos pais, Luiz Fernando Maieves e Heliane Monteiro Maieves, pelo esforço, pela ajuda incondicional, pelo carinho e incentivo, à minha irmã Halyne Monteiro Maieves pelo incentivo.

Ao meu grande e especial amor Hermes Rockenbach, pelo apoio, compreensão e espera da realização deste sonho.

Aos meus queridos avôs, pelo carinho e apoio.

À professora Dra. Edna Regina Amante, minha orientadora que me incentivou, me apoiou e acima de tudo me concedeu esta oportunidade de realizar este trabalho.

À professora Dra. Tânia Maria Bordim Bonfim pelo incentivo, ajuda e pelos conhecimentos que adquiri durante todos os anos que estive no laboratório de Enzimologia e Tecnologia das Fermentações na Universidade Federal do Paraná.

À professora Dra. Débora Brandi pelo incentivo e ajuda para iniciação desta etapa e pelo tempo que a mim dedicou.

À Doutora Carmen Maria Olivera Müller, pela ajuda incondicional às análises de textura, ao Professor João Borges Laurindo por ceder o texturômetro do laboratório de Propriedades Física dos Alimentos.

À doutoranda Franciele do Carmo Lamaison e a professora Dra. Valéria Reginatto Spiller, pela grande ajuda nas análises em laboratório.

Ao Doutorando professor Ismael Ivan Rockenbach, pela ajuda no estágio à docência.

À Universidade Federal de Santa Catarina - CAL pela acolhida, aos funcionários que ajudaram de certa forma direta e indiretamente.

À Universidade Federal do Paraná – Departamento de Farmácia – laboratório de Enzimologia e Tecnologia das Fermentações e ao laboratório de Bromatologia da professora MSc. Maria Eugênia Balbi pela grande ajuda.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À Epagri de Urussanga, pela doação do material destinado a esta pesquisa e ao Engenheiro Agrônomo Augusto Carlos Pola, pela prontidão, ensinamentos e ajuda.

Às minhas queridas amigas Daniela Nicole Ferreira e Daniele Vicente Engelhardt, por me incentivarem e entenderem minhas ausências.

Aos meus amigos da pós-graduação Samantha Lemke Gonzales, André Fritsch von Frühauf, Renata Lopes dos Santos e Daiana Cardoso de Oliveira que juntos iniciamos este desafio.

Aos colegas de laboratório Diego Jacob Kurtz, Gilson Hideki Nabechima, Fernando Back, Ângela Angeloni Rovaris, Rossana Podestá e João Gustavo Provesi pela grande e excelente ajuda.

Às graduandas do curso em Ciência e Tecnologia Agroalimentar Júlia Rodrigues Frescura, Isabela de Bona Munoz, Caroline Louise Floriani, Cibelle Duk Auras, Cláudia Bernardo e Tatiana de Araújo Jacques, por abdicarem suas férias e me ajudarem nesta realização.

Aos professores da banca examinadora.

À secretária da pós-graduação em Engenharia de Alimentos Raquel Crestani Agostineto, pela ajuda.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

"Conhecer não é demonstrar nem explicar, é aceder à visão."

Antoine de Saint-Exupéry

SUMÁRIO

Lista de Figuras	08
Lista de Tabelas	11
Lista de Abreviaturas	12
Resumo	13
Abstract	14
1 Introdução	15
2 Objetivos	17
2.1 Objetivos gerais	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 Revisão Bibliográfica	18
3.1 Histórico da mandioca	18
3.2 Aspectos econômicos da mandioca	18
3.3 Aspectos agronômicos da mandioca	24
3.4 A caracterização química das matérias primas e sua importância na definição do potencial tecnológico	27
3.5 Propriedades reológicas de mandiocas de mesa	30
4 Material e Métodos	39
4.1 Material	39
4.2 Métodos	40
4.2.1 Preparo do material analisado	42
4.2.2 Extração do amido e geração de resíduos	43
4.2.3 Teste do tempo de cozimento das raízes	44
4.2.4 Textura das raízes de mandioca	44
4.2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	45
4.2.6 Composição centesimal	45
4.2.6.1 Umidade	45
4.2.6.2 Extrato etéreo	45
4.2.6.3 Proteínas	46
4.2.6.4 Minerais	46
4.2.6.5 Fibras	46
4.5.7 Valor calórico	46
4.5.8 Amido quantitativo e glicídeos redutores em glicose	46
4.5.9 Teor de Cianeto	47
4.2.10 Análise estatística	47
5 Resultados e Discussão	49
5.1 Características físicas das raízes	49
5.2 Teste do tempo de cozimento das raízes	54
5.3 Dureza das raízes de mandioca	59

5.3.1	Textura das raízes cruas de mandioca	59
5.3.2	Textura das raízes cozidas de mandioca	63
5.4	Determinação do rendimento em amido e geração de resíduos na produção do amido de mandioca	67
5.5	Composição centesimal das raízes de mandioca	73
5.5.1	Extrato etéreo	75
5.5.2	Teor de proteínas	76
5.5.3	Resíduo mineral fixo (cinzas)	77
5.5.4	Teor de fibras	78
5.6	Teor de amido e glicídeos redutores em glicose	81
5.7	Valor calórico	83
5.8	Teor de Cianeto	84
Conclusão		87
Referências Bibliográficas		89
Anexo		103

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Distribuição mundial dos países que cultivaram mandioca em 2005 **19**
- Figura 2** Balanças hidrostáticas: A e B – Brasil; C – China; D – Tailândia **22**
- Figura 3** Componentes da planta de mandioca **24**
- Figura 4** Componentes do sistema radicular da planta de mandioca (1. Caule; 2. Pedúnculo; 3. Raiz tuberosa; 4. Raiz fibrosa) **26**
- Figura 5** Seção transversal da raiz de mandioca (1. Periderme ou casca; 2. Esclerenquima; 3. Parênquima cortical; 4. Floema; 5. Câmbio; 6. Parênquima (armazenamento de amido); 7. Vasos de xilema; 8. Vasos de xilógenos e fibra) **27**
- Figura 6** Formação de cianídeos a partir da linamarina **29**
- Figura 7** Representação esquemática dos níveis de estrutura que contribuem para as propriedades mecânicas dos tecidos vegetais **35**
- Figura 8** Representação esquemática de ruptura do tecido vegetal por (a) ruptura das células e (b) separação celular **37**
- Figura 9** Fluxograma de atividades para o estudo das características de dez diferentes cultivares de mandioca **41**
- Figura 10** Cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca), proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar STS 2/03-10 (raiz branca) (B) **49**
- Figura 11** Cultivar SCS 252 – Jaguaruna, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina **50**
- Figura 12** Cultivar Mandim Branca, proveniente de Argissolo, município de Sangão – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar Mandim Branca (B) **51**

- Figura 13** Cultivar STS 1302/96 - 3 - Vermelhinha, proveniente de Argissolo, município de Morro da Fumaça – Santa Catarina **51**
- Figura 14** Cultivar SCS 253 - Sangão, proveniente de Argissolo, município de Morro da Fumaça – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar SCS 253 Sangão (B) **52**
- Figura 15** Cultivar STS 1311/96 - 1, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina **52**
- Figura 16** Cultivar STS 1302/96 - 4, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina **53**
- Figura 17** Cultivar Preta, proveniente de Argissolo, município de Sangão – Santa Catarina (A). Fitopatologia no interior da raiz da cultivar Preta (B) **53**
- Figura 18** Cultivar STS 1309/96 - 7, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina **54**
- Figura 19** Cultivar STS 2/03 - 7, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina **54**
- Figura 20** Micrografia (MEV), das cultivares STS 2/03-10 (raiz branca) (A) e STS 2/03 – 7 (B) (1000X) **57**
- Figura 21** Micrografias (MEV) das cultivares STS 1311/96 – 1 (A), STS 1302/96 – 4 (B), Preta (C) e STS 1309/96 – 7 (D) (1000X) **57**
- Figura 22** Micrografias (MEV) das cultivares SCS 252 – Jaguaruna (A), Mandim Branca (B), STS 1302/96 3 – Vermelhinha (C) e SCS 253 Sangão (D) (1000X) **58**
- Figura 23** Relação entre força e deformação para um material rígido (linhas 1 e 2) e para um material macio (linhas 3 e 4): linha 1, material rígido/forte; linha 2, material rígido/fraco; linha 3, material macio/forte; linha 4, material macio/fraco **59**
- Figura 24** Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cruas de mandioca, oriundas de Neossolo Quartzarênico **61**

Figura 25 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cruas de mandioca, oriundas de Argissolo **62**

Figura 26 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cozidas de mandioca, oriundas de Neossolo Quartzarênico **64**

Figura 27 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cozidas de mandioca, oriundas de Argissolo **65**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Cultivares de mandioca oriundas de diferentes localidades e seus respectivos solos	42
Tabela 2 Tempo de cozimento da raiz de dez cultivares de mandioca	55
Tabela 3 Rendimento em amido (%) da raiz de dez cultivares de mandioca	68
Tabela 4 Resíduo sólido da produção de fécula a partir de diferentes cultivares de mandioca (kg/tonelada de raiz e kg por tonelada de fécula)	70
Tabela 5 Volume de água para a extração de fécula a partir de diferentes cultivares de mandioca (L/tonelada de raiz e L por tonelada de fécula)	72
Tabela 6 Resultados da umidade da raiz de dez cultivares de mandioca	74
Tabela 7 Extrato etéreo de dez cultivares de mandioca (BPS)	75
Tabela 8 Teor de proteínas de dez cultivares de mandioca (BPS)	77
Tabela 9 Teor da cinzas de dez cultivares de mandioca (BPS)	78
Tabela 10 Teor de fibra insolúvel, solúvel e totais de dez cultivares de mandioca (BPS e BPU)	79
Tabela 11 Teor de amido quantitativo de dez cultivares de mandioca (BPS)	81
Tabela 12 Teor de glicídeos de dez cultivares de mandioca (BPS)	83
Tabela 13 Valor calórico de dez cultivares de mandioca	84
Tabela 14 Resultados do teor de cianeto das dez cultivares de mandioca	85

LISTA DE ABREVIATURAS

BPS - Base peso seco

HCN - Ácido Cianídrico

s - Segundos

kcal - Quilocaloria

l - Comprimento

dm - Decímetro

θ - Ângulo

α - Desvio Polarimétrico

DNS - Ácido 3, 5- dinitrossalicílico

nm - Nanômetro

mL - Mililitro

Å - Armstrong

ABAM - Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca

TAN - Neuropatia Atáxica Tropical

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists*

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

MAIEVES, Helayne Aparecida. **Caracterização física, físico química e potencial tecnológico de novos cultivares de mandioca**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo geral a caracterização física e físico química de dez cultivares de mandioca selecionadas pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural), visando a indicação de uso em diferentes setores industriais de produção de derivados da mandioca. Foi observado que cultivares susceptíveis à fitopatologias deverão ser desconsideradas para fins comerciais. Raízes com menores tempos de cozimento podem ser indicadas para processos industriais envolvendo tratamento térmico, tal como a produção de álcool de mandioca. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), colabora na definição das causas das diferenças do tempo de cozimento e dureza das raízes em estudo. Cultivares contendo maior envolvimento com tecido parenquimatoso, pectina e material celulósico, tendem a ser menos macias, tanto cruas quanto cozidas. Observa-se elevada correlação entre o teor de matéria seca e o teor de amido. As cultivares mais ricas em amido apresentaram a menor geração de resíduos e consumo de água. As raízes se apresentaram ricas em minerais e em fibras comparativamente a outros estudos, o que pode ser indicativo do baixo tempo de cultivo. O teor de fibras totais, em base peso seco, indica as cultivares para a produção de farinha de mandioca com alto teor de fibras. A diferença entre os solos de cultivo não é fator de decisão quanto à textura das raízes, porém, quanto ao cianeto, o tipo de solo pode ter interferido. Foi verificado destaque para uma das cultivares, em rendimento em amido, tendência a geração de resíduos e consumo de água, além da resistência à fitopatologias e facilidade de descasque e alto teor de sólidos totais, o que pode indicar o seu uso para a extração de amido. Enquanto outras cultivares com maior facilidade de cozimento são indicadas para processos envolvendo tratamento térmico das raízes.

Palavras-chave: mandioca, amido, farinha, resíduos, textura, composição.

MAIEVES, Helayne Aparecida. **Physical, physicochemical characterization and technological potential of new cultivars of cassava.** 2010. Dissertation (Máster on Food Engineering).- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ABSTRACT

The present work had the general goal of physical and physicochemical characterization of ten cultivars of cassava roots, selected by EPAGRI (Agricultural Agency of Research and Rural Extension), with the aim of suggest the use of it in different industrial sectors of production of cassava derivatives. Was found that cultivar susceptible to plant diseases, must be unconsidered to commercial use. Roots with lower cooking time can be indicated to industrial process evolving heat treatment, such as cassava's ethanol production. Scanning Electron Microscopy (SEM), contribute on definition of the causes of cooking time differences and hardness of the studied roots. Cultivars containing higher evolving with parenchymatous tissues, pectin and cellulosic material, tends to be minus soft grow or cooked. Was founded high correlation among dry material and starch containing. Cultivars richer in starch presents lowest geration of solid waste and water consumption. The roots present rich in minerals and fibers, comparatively to other studies, which can be indicative of the low time of harvesting. Fiber contents, in dry weight basis, suggest the use of these cultivars to cassava flour with high fiber content. Differences between harvesting soils does not a decision factor on root texture, but the kind of the soil can influences on cyanide content. Was verified destaque for one of the cultivars, in starch yield, low tendency to wastes generation and water consumption, besides to resistance to the plant disease and easily of peeling and, high content of total solids, which can suggest its use to starch production. While others cultivars, with easily of cooking are suggested to processes evolving roots heat treatments.

Keywords: cassava, starch, flour, wastes, texture, composition.

INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das principais culturas exploradas agronomicamente no mundo, com uma produção acima de 170 milhões de toneladas. Entre as tuberosas, perde apenas para a batata (*Solanum tuberosum* L.) (FUKUDA; OTSUBO, 2003). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2003), a mandioca (*Manihot esculenta* C.) desempenha um importante papel na dieta alimentar dos brasileiros, por seu alto teor energético. O Brasil figura como um dos maiores produtores dessa cultura e também como grande consumidor.

A exploração agrícola da mandioca destina-se ao mercado hortícola e às indústrias de transformação. A comercialização das raízes para uso na alimentação humana se dá principalmente sob forma *in natura*, ou seja, no uso direto. Entretanto, no Brasil é crescente o mercado de produtos de mandioca de uso culinário industrializados como a pré cozida congelada, os produtos processados a partir da massa cozida, como croquetes, empanados, bolinhos condimentados e massas formatadas, como os palitos estruturados e ainda as fritas tipo *chips* (FENIMAN, 2004).

Na indústria de amidos modificados, a valorização do amido de mandioca é crescente, devido às características dos grânulos, mais susceptíveis às reações de modificação do que os amidos de cereais, além da disponibilidade desta matéria prima em países do Hemisfério Sul, com maiores áreas para cultivo e condições ambientais propícias à cultura (MARCON et al., 2006).

A mandioca é uma matéria prima nacional, bem como os seus derivados tradicionais, por exemplo, o polvilho azedo e a farinha de mandioca. No entanto, o nível de conhecimento quanto às características das cultivares, que poderiam contribuir para maximizar tanto a eficiência dos processos industriais quanto a qualidade dos produtos, está restrito às instituições de pesquisas agrônômicas, onde a maioria dos dados diz respeito aos rendimentos da cultura, havendo carência de informações sobre as características tecnológicas das raízes com melhor produtividade.

A indústria da mandioca, na produção do amido (fécula de mandioca), é conhecida, por ser emissora de resíduos sólidos e líquidos, com especial atenção à manipueira ou água vegetal, rica em compostos orgânicos de elevada biodegradabilidade (AMANTE, 1997).

Estes resíduos contribuem para aumentar a Demanda Química (DQO) e Bioquímica de Oxigênio (DBO) das águas e, também a

contaminação por cianeto, que carece de melhores esclarecimentos, quanto a real escala de risco para o meio ambiente, quando proveniente da mandioca, considerando-se a sua instabilidade (AMANTE, 1997).

Qualquer iniciativa para a indicação das melhores cultivares de mandioca, de acordo com as suas características para a produção de amido, farinha ou outros derivados, diante da responsabilidade com a preservação ambiental, não pode negligenciar uma classificação quanto à geração de resíduos no processamento industrial, bem como a tendência da cultura às fitopatologias, o que poderia representar a colheita da matéria prima sem explorar todo o seu potencial tecnológico. Adicionalmente, sempre que possível, o resíduo deverá ser destinado para um novo processo (FERNANDES et al., 2008).

No Estado de Santa Catarina, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) é responsável pela indicação das melhores cultivares, quanto à produtividade agrícola e resistência a fitopatologias e outras vantagens agronômicas. No entanto, existe a necessidade de determinar as características das raízes que oferecem resposta aos interesses industriais, tais como teor de amido, cianeto, fibras, geração de resíduos no processamento e demais parâmetros, que poderão acompanhar a indicação das cultivares de modo mais completo, associando diretamente a produção agrícola aos interesses industriais.

Tendo em vista este cenário, o presente trabalho teve por objetivo geral a caracterização física e físico química de dez cultivares de mandioca selecionados pela EPAGRI, visando a indicação de uso em diferentes setores industriais de produção de derivados da mandioca. Apresenta uma revisão bibliográfica sobre a cultura, voltada para o interesse industrial e a descrição de material e métodos, empregados para atingir os objetivos propostos de conhecer as características das matérias primas e compará-las quanto ao potencial para utilização industrial.

OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Estudar as características físico químicas e físicas de diferentes cultivares de mandioca, destinadas às indústrias, resultantes de trabalho de melhoramento genético, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina (EPAGRI).

2.2 Objetivos específicos

- 1 Determinar a composição centesimal de cultivares de mandioca.
- 2 Determinar a textura de diferentes cultivares de mandioca cruas e após cozimento.
- 3 Determinar o rendimento em amido de diferentes cultivares de mandioca.
- 4 Comparar diferentes cultivares de mandioca quanto à geração de resíduos sólidos e líquidos na produção da fécula de mandioca.
- 5 Sugerir aplicações industriais para diferentes cultivares de mandioca, segundo as suas características físico químicas e reológicas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico da mandioca

Diz a lenda indígena que em épocas remotas, a filha de um poderoso “Tuxaua” (líder da tribo) apareceu grávida. Quis ele punir o autor da desonra de sua filha e para isto empregou rogos, ameaças e castigos. Tudo foi em vão, pois a filha dizia que nunca se ligara a homem algum. O chefe tinha deliberado matá-la, quando um homem branco apareceu-lhe dizendo-o para não fazer isto, pois ela era inocente. Passado o tempo da gestação, deu ela a luz a uma menina lindíssima e branca, causando espanto a todos. Índios surpresos das tribos vizinhas vinham vê-la e, deram-lhes o nome de “Mani”. Passado um ano, a menina veio a falecer, sem ter adoecido nem dado mostras de dor. Enterraram-na na própria casa, conforme o costume do povo. Descobrimo onde “Mani” fora enterrada, a tribo então regou sua sepultura. Algum tempo depois brotou da cova uma planta desconhecida, por isso não arrancaram-na. Cresceu, floresceu e deu frutos. Os pássaros que comeram os frutos se embriagaram e este fenômeno estranho, aumentou a superstição em torno da planta. A terra fendeu-se afinal; cavaram-na e julgaram reconhecer no fruto que encontraram o corpo de “Mani”. Comeram-no e assim aprenderam a usá-lo. O fruto recebeu o nome de “Mani-oka” que significa casa de Mani, que é a nossa conhecida mandioca (CASCUDO, 1954).

Na África, a mandioca foi introduzida pelos portugueses em 1558. Levada para a Bacia do Congo, rapidamente se espalhou pelos territórios vizinhos. Dada às qualidades específicas deste produto, incrementou-se o comércio escravagista (FERRÃO, 1992 apud CAMARGO, 2003).

Conhecida também com os nomes comuns de tapioca, cassava, manioca, aipim, macaxeira entre outros (BUITRAGO, 1990). As denominações estrangeiras da planta variam conforme o país, sendo *cassava* para o inglês; *manioc* em francês; *manioca* na Itália; *yuca* em espanhol e *manioka* para os alemães (AMARAL et al., 2007).

3.2 Aspectos econômicos da mandioca

A mandioca é uma das principais culturas exploradas agronomicamente no mundo (Figura 1), com uma produção acima de 170 milhões de toneladas. Entre as tuberosas, perde apenas para a batata (*Solanum tuberosum* L.) (FUKUDA; OTSUBO, 2003).

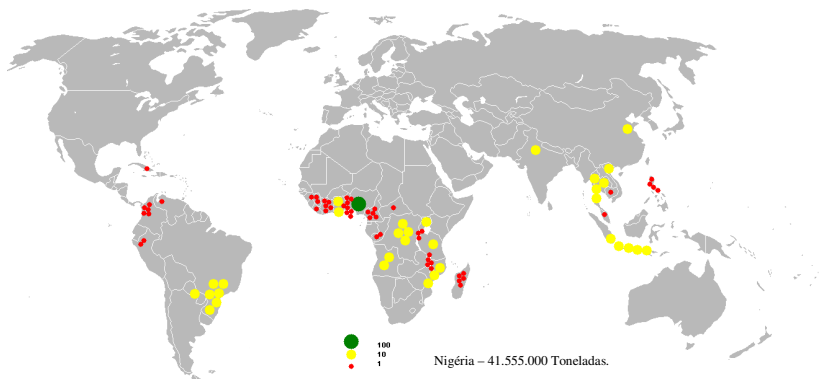


Figura 1 Distribuição mundial dos países que cultivaram mandioca em 2005.

Fonte: FAO (2007).

De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Alimentação (FAO), países como Nigéria, Brasil, Tailândia, Indonésia, República Democrática do Congo, Gana, Índia, Tanzânia, Moçambique e Angola são os que mais produzem mandioca, apontando esta cultura como sendo de grande importância econômica e social no mundo em geral (FAO, 2007).

As principais regiões produtoras desta raiz estão situadas entre os trópicos. Em termos de produção, o continente africano se destaca, em seguida, a América Latina e, por fim, o continente asiático (FAO, 2007).

O continente africano, apesar de ser o maior produtor de mandioca, onde a maior parte produzida é oriunda principalmente da Nigéria, ela apresenta uma produtividade menor em relação ao Brasil. A produtividade média da América Latina é 30 % maior em relação ao continente africano. Na América Latina, após uma queda entre 1995 e 1996, a produção também aumentou comparada ao último dado do ano de 2007 (VILPOUX, 2008).

Apesar de uma fase de declínio em 2005 por problemas climáticos, a Ásia cresce em ritmo superior ao da América Latina. A evolução da produção na Ásia é fortemente influenciada pela Tailândia, enquanto na América Latina, o Brasil ocupa uma posição de destaque (VILPOUX, 2008).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial. Depois de uma produção inferior a 20 milhões de toneladas em 1996, a produção voltou

a crescer regularmente até ultrapassar 27 milhões de toneladas em 2007 (FAO, 2007). A mandioca é um produto de elevada importância sócio econômica, tanto na alimentação humana quanto animal (SOUZA et al., 2006).

A Tailândia e a Indonésia são o terceiro e quarto maiores produtores mundiais, respectivamente. Em razão da queda acentuada da produção da Tailândia em 2005, devido a um forte período de seca, a Indonésia passou a liderar a produção do continente asiático pela primeira vez (VILPOUX, 2008).

No Brasil a região Nordeste é a principal produtora, apesar desse título, a região apresenta produtividade agrícola muito baixa, similar a dos países africanos. As produtividades das regiões Sul e Sudeste são superiores àquelas da Indonésia, mas permanecem inferiores às da Tailândia. Essa diferença é ainda maior quando se sabe que as produtividades de mandioca no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil são calculadas a partir da média de produtividade de raízes de mandioca colhidas com um ciclo (menos de 12 meses) e com dois ciclos (mais de 12 meses); enquanto na Tailândia toda a mandioca colhida é de um ciclo. Essa informação é importante, pois a produtividade da mandioca de dois ciclos chega a atingir o dobro daquela obtida em cultura de um ciclo; sendo assim, estima-se uma produtividade superior no Brasil (VILPOUX, 2008).

A mandioca tem grande número de usos correntes e potenciais, classificados – segundo o tipo de raiz – em duas grandes categorias: mandioca de mesa e mandioca para indústria (SOUZA et al., 2006).

A maior parte da mandioca de mesa é comercializada na forma *in natura*. Atualmente, vem crescendo a comercialização de mandioca pré cozida e congelada, e na forma de salgadinhos. A mandioca para a indústria tem uma variedade de usos, dos quais as farinhas (e as farofas) e a fécula são os mais importantes. A farinha tem essencialmente uso alimentar, com elevada especificidade regional que, em muitos casos, torna o produto cativo a mercados locais. A fécula e seus derivados têm sido utilizados em produtos amiláceos para a alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como: alimentos, embalagens, colas, papéis, mineração, têxtil e farmacêutico (SOUZA et al., 2006).

Os principais produtos da planta são provenientes das raízes amiláceas, porém suas folhas podem ser utilizadas para o uso na alimentação animal. Em alguns lugares da África, as folhas frescas servem também para o consumo humano (BUITRAGO, 1990).

O consumo de raízes de mandioca já foi muito mais importante no hábito alimentar brasileiro; mas cereais consumidos em diferentes formulações alimentares ou como ingredientes de uma gama muito grande de produtos industrializados, têm substituído a mandioca por serem mais fáceis ou mais rápidos de preparar (BELÉIA; PEREIRA, 2004).

Atualmente, a mandioca para uso culinário é encontrada minimamente processada, refrigerada ou congelada, e também na forma pré cozida, facilitando o preparo e o consumo (BUTARELO et al., 2004).

A mandioca não só contribui para o estado de segurança alimentar das populações rurais, mas também é matéria prima para agroindústrias. A indústria de processamento de mandioca sofre uma ampla gama de problemas: a baixa qualidade do produto, a tecnologia de processamento inadequado, disponibilidade de matérias primas e, preços flutuantes (HENRY; GOTCRET, 1998).

A obtenção de farinha, fécula, polvilho azedo e outros derivados industrializados da mandioca geram resíduos sólidos de descarte, tais como: partes lenhosas e deterioradas das raízes; porções fibrosas retidas em peneiras; bagaços e resíduos líquidos da água de lavagem das raízes e manipueira (líquido resultante da prensagem da massa ralada). Os resíduos das diversas etapas de processamento, além de serem fontes de contaminação do meio ambiente, também podem ser considerados desperdícios de processo. A maioria das empresas que processam a mandioca desconhece o balanço de massa, portanto, não possuem dados exatos qualitativos e quantitativos referentes às suas perdas em resíduos sólidos e líquidos (AMARAL et al., 2007).

A destacada posição do Brasil na produção de mandioca, que na sua maioria é voltada para a produção de farinha e fécula, traduz também a elevada produção de resíduos gerados diariamente pelas indústrias (MARQUES; MAGGIONI, 2009).

Na medida em que a mandioca se torna mais importante, como cultura industrial, a logística de fornecimento de raízes frescas de mandioca para estações de tratamento se torna mais crítica (THRO et al., 1996).

É muito importante conhecer o período mais favorável para colheita da mandioca, pois quando as raízes são colhidas muito cedo, ocorre redução na sua produtividade, enquanto que, se colhidas tardiamente, há perda de qualidade, com desenvolvimento de raízes fibrosas e redução da percentagem de amido (BENESI et al., 2008).

Carvalho et al. (2007) avaliando a exatidão, precisão e robustez do método de análise do teor de massa seca de mandioca por meio da determinação do peso específico (balança hidrostática), constataram que a metodologia utilizada pela indústria, para a compra das raízes de mandioca, considerando sua percentagem de amido, é uma forma de garantir que não haja prejuízos nem para o comprador nem para o fornecedor.

As formas de pagamento baseadas nos teores de massa seca são comuns entre as feclarias de mandioca da Tailândia, do Brasil e, das feclarias de batata da Europa, com o uso de balanças hidrostáticas. O pagamento das raízes de mandioca pela massa seca pode ser usado para incentivar os agricultores em cultivar variedades de mandioca de melhor qualidade, ao invés de perseguir apenas a quantidade (Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca - ABAM, 2009).

Grossmam e Freitas (1950) apud Conceição (1987) relatam que afora os métodos clássicos de determinação em laboratório, os teores de massa seca e amido em raízes frescas de mandioca podem ser determinados no campo, pelo método da balança hidrostática. Esse método é adotado pelas feclarias dos maiores países produtores (Figura 2).

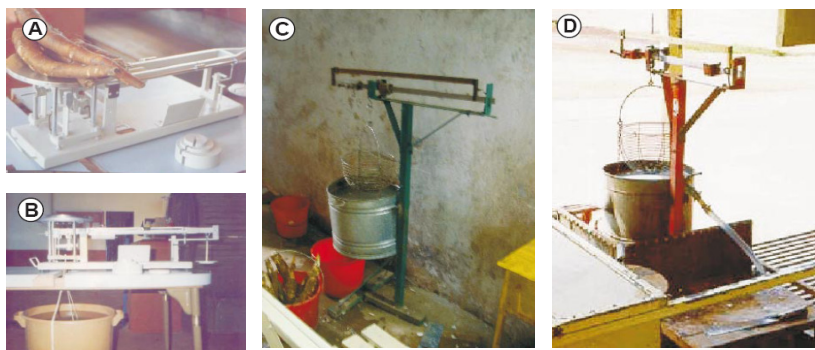


Figura 2 Balanças hidrostáticas: A e B – Brasil; C – China; D – Tailândia.

Fonte: ABAM (2009).

Nas feclarias brasileiras, a balança hidrostática é utilizada para medir o teor de amido das raízes de mandioca e, por consequência, os resultados servem como base para o cálculo da taxa de extração das empresas. A medida da massa seca pode servir de referência para avaliar

as melhores raízes, com indicações sobre o teor de amido (ABAM, 2009).

Foi popularizado no Brasil para ser utilizado nas etapas iniciais do processo de melhoramento genético, visando selecionar grande número de variedades de mandioca (*screening* agrônômico). Posteriormente, foi adotado por algumas fecularias brasileiras, para a avaliação do teor de amido. Recentemente, houve incremento do seu uso. Apesar de ser considerado prático, rápido e de baixo custo, por esse método não se consegue determinar com precisão o teor de amido real. Os estudos desenvolvidos, por exemplo, por Juste Junior et al. (1983) mostraram que não há correlação estatisticamente significativa entre os resultados da balança hidrostática e o teor de amido determinado em laboratório pelos métodos químicos. No entanto, há estudos que informam o contrário (WHOLEY; BOOTH, 1979; SRIROTH, 2000).

Segundo Silva et al. (1996), o principal determinante no teor de matéria seca é o componente genético, isto é, a variedade. Assim, recomendam os autores que a remuneração diferenciada seja feita pela variedade. Esse critério, ainda segundo esses autores, “teria a vantagem de estimular o plantio de variedades com maior teor de matéria seca, aumentando a eficiência global do setor sem introduzir pontos de conflitos”. Parte da afirmativa é procedente, ou seja, o pagamento diferenciado por variedade, pode realmente estimular o plantio daquelas que apresentem maior teor de amido. No entanto, não exclui a possibilidade de conflitos, uma vez que a mesma variedade, na mesma época de colheita e na mesma região geográfica pode apresentar diferentes teores de matéria seca e amido, a depender do solo, do manejo adotado neste e na cultura e, também do manejo pós colheita.

Tanto o uso da balança hidrostática quanto o pagamento por variedade, apesar de não solucionarem os conflitos, podem ser considerados avanços na tentativa de remunerar a qualidade (ALVES; VEDOVOTO, 2003).

Uma solução para melhorar a avaliação do teor de amido em função da massa seca, medida por balança hidrostática ou outra metodologia, consiste em estabelecer taxas de conversão em função do mês de colheita, da variedade, da região e da idade da planta. Uma vez estabelecidas, essas taxas servirão para avaliar o teor de amido em função da massa seca e das características de cada raiz (ABAM, 2009).

A busca por raízes com maior teor de amido é de interesse das empresas, que pagam suas matérias primas em função do rendimento industrial e dos produtores, que recebem em função da qualidade de sua produção (ABAM, 2009).

3.3 Aspectos agrônômicos da mandioca

Pertencente a família Euphorbiaceae Juss. que é uma das maiores das Angiospermae, com cerca de 300 gêneros e aproximadamente 7.500 espécies, distribuídas em todo o mundo (CRONQUIST, 1981), a mandioca é a única do gênero *Manihot* que é cultivada e possui relevância econômica (CEBALLOS, 2002).

A Figura 3 apresenta a planta da mandioca, que consiste em:

- a. rama (folhas). Onde ocorre a fotossíntese que permite a transformação de energia radiante em energia química.
- b. caule. É utilizado para a propagação vegetativa ou assexuada da espécie, como sementes para a produção comercial da cultura.
- c. raízes. Órgão de armazenamento de energia; com vários usos na alimentação humana, alimentação animal e na extração de amido.
- d. flor masculina. Tem um pedicelo muito curto em linha reta.
- e. flor feminina. Seu caule é mais grosso e mais longo do que a flor do sexo masculino.
- f. frutos.
- g. sementes. Meios de reprodução sexual de plantas.



Figura 3 Componentes da planta de mandioca.
Fonte: Dominguez et al. (1983).

A planta da mandioca é um arbusto que varia de tamanho, entre 1 e 5 metros de altura. As cultivares se agrupam segundo seu tamanho em baixas, quando a planta alcança até 1,50 m; intermediárias, permanecendo entre 1,50 e 2,50 m e, altas quando são maiores do que 2,50 m (MONTALDO, 1985).

A planta de mandioca apresenta ciclo de desenvolvimento composto por cinco fases fisiológicas principais, sendo quatro ativas e uma de repouso vegetativo. Na primeira fase, chamada de brotação da maniva; sob condições favoráveis de umidade e temperatura, surgem as primeiras raízes fibrosas, após o 7º dia do plantio. Na segunda fase continua sendo formado o sistema radicular, constituído por raízes fibrosas, como o de qualquer outra planta. Esta fase tem duração aproximada de 70 dias. Durante essa fase já ocorre simultaneamente o espessamento de algumas raízes fibrosas pelo acúmulo de amido. Ressalta-se que quanto mais tempo a folha da mandioca permanecer na planta, menor a quantidade de produtos da fotossíntese alocados na formação de novos ápices de crescimento e, conseqüentemente, mais energia poderá ser transportada para ser armazenada na raiz de reserva, que será traduzida em maior produtividade de amido. A quarta fase é o espessamento das raízes de reservas, que corresponde à migração das substâncias de reserva para as raízes de armazenamento que se inicia na fase anterior e acentua-se no 5º mês. Nessa fase já não há mais crescimento das raízes em comprimento, mas em diâmetro, pela deposição do amido. Na quinta e última fase, a chamada fase de repouso, a planta perde a folhagem naturalmente, encerrando a sua atividade vegetativa, permanecendo apenas a migração das substâncias de reserva de amido nas raízes. Recomeça após esse período de repouso uma nova fase de crescimento, quando é reiniciada a formação das ramas e folhas, que inicialmente acontece à custa do amido armazenado nas raízes e ramas durante a fase de crescimento anterior (TERNES, 2002 apud FENIMAM, 2004).

A descrição morfológica de cultivares de mandioca é muito importante, pois a mesmo cultivar de mandioca pode apresentar-se com nomes diferentes, de acordo com a região onde é cultivado. Também não é raro, se observar variedades distintas com o mesmo nome em diferentes regiões. Não existe, portanto, uniformidade na nomenclatura de cultivares, fazendo-se necessário a sua descrição em trabalhos de pesquisa (OLIVEIRA; SILVA, 1977 apud ARCHANGELO et al., 2007).

As plantas de mandioca reproduzidas sexualmente apresentam uma raiz primária resultante da abertura da testa das sementes, que faz

um ângulo de 90° e se aprofunda no solo. Essa raiz, que é pivotante, ao atingir um centímetro de comprimento, origina quatro ou mais raízes secundárias. A raiz principal, se deixar crescer, torna-se um órgão de reserva, ereto, fusiforme, vertical e contínuo à haste, o sistema radicular da mandioca está ilustrada na Figura 4 (DOMÍNGUEZ et al., 1983).

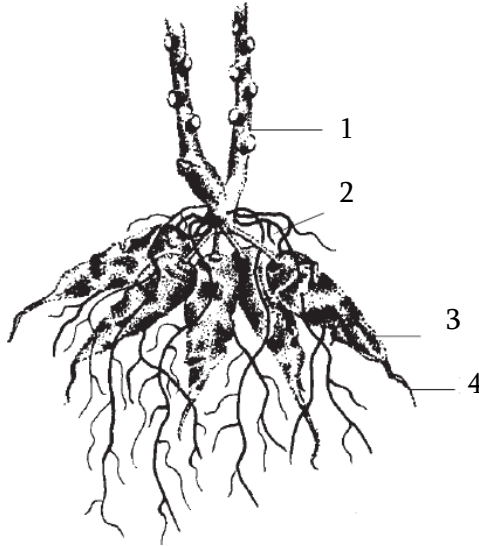


Figura 4 Componentes do sistema radicular da planta de mandioca (1. Caule; 2. Pedúnculo; 3. Raiz tuberosa; 4. Raiz fibrosa).
Fonte: Dominguez et al. 1983.

A seção transversal da raiz da mandioca (Figura 5) apresenta a sua parte interna constituída de células parenquimáticas de reserva, nas quais se encontram o amido e vasos de xilema, distribuídos em forma de estrias. No centro da raiz encontram-se os vasos xilógenos e fibras, e na periferia localiza-se o córtex ou casca constituída por capas superpostas de tecidos, fibras esclerenquimatosas, vasos com látex e câmbio (CIAT, 1983).

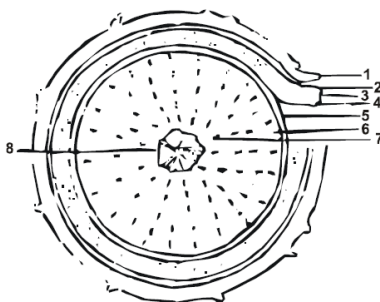


Figura 5 Seção transversal da raiz de mandioca (1. Periderme ou casca; 2. Esclerenquima; 3. Parênquima cortical; 4. Floema; 5. Câmbio; 6. Parênquima (armazenamento de amido); 7. Vasos de xilema; 8. Vasos de xilógenos e fibra).
Fonte: CIAT (1983).

A raiz tuberosa apresenta uma película externa delgada, que se destaca com facilidade e que pode apresentar-se em diversas cores, sendo importante na caracterização das variedades (FARIAS, BELLOTTI, 2006).

Estruturalmente, a periderme (Figura 5) se divide em felema, felogênio e feloderme. O felogênio é o tecido meristemático que dá origem ao felema (centrifugamente) e feloderme (centripetamente). Existe apenas um tipo de célula no felogênio que é meristemática que pode se manter-se ativa uma ou mais vezes na vida da planta. O felema, também conhecido como súber, é composto de células de formato irregular. As células são mortas na maturidade devido à impregnação com suberina. Devido a isso, é altamente impermeável, evitando a perda excessiva de água. Existe pouco ou nenhum espaço intercelular, podendo ocorrer acúmulo de fenólicos. É o tecido que constitui a cortiça e reveste, sobretudo, raízes mais velhas (MARQUES et al., 2006).

3.4 A caracterização química da mandioca e sua importância na definição do potencial tecnológico

As raízes de mandioca apresentam uma composição média de 68,2% de umidade, 30% de amido, 2% de cinzas, 1,3% de proteínas, 0,2% de lipídeos e 0,3% de fibras (ALBUQUERQUE et al., 1993 apud FENIMAN, 2004). As raízes de mandioca são, portanto, essencialmente

energéticas, apresentando elevados teores de carboidratos, principalmente polissacarídeos.

Em termos bioquímicos, Cock (1985) apud Costa (2005) postulou que, as raízes de mandioca são energéticas por excelência, tendo em sua composição 92,5% de carboidratos, principalmente amido, gerando cerca de 1500 kcal/kg. Os carboidratos constituem a fração mais importante da mandioca, da qual a maior parte é constituída de amido. Contém menos de 1% de proteína; negligenciáveis teores de lipídeos, sendo uma fonte reduzida de minerais e vitamina do complexo B. Embora, a raiz fresca apresente teores apreciáveis de vitamina C, no processamento culinário ou industrial, segundo alguns autores, essa vitamina é destruída (CEREDA, 1994).

A vitamina C é importante na composição das raízes de mandioca, além do caráter nutricional na alimentação humana, atua também na prevenção do escurecimento de frutos e raízes devido à sua característica redutora (COSTA, 2005).

A mandioca contém um glicosídeo cianogênico chamado linamarina, que em presença da enzima linamarase e de ácidos sofre hidrólise originando ácido cianídrico; sua concentração é maior no córtex da raiz, porém se encontra em todas as partes da planta. O ácido cianídrico é volátil e no processo de fabricação da farinha, fécula ou durante a cocção é eliminado quase totalmente. Cagnon et al. (2002) afirmam que, efetivamente, pela forma de preparo da mandioca no Brasil, todos os produtos são seguros para a alimentação humana (CEREDA, 1994).

A formação de cianídeos a partir da linamarina é um processo em duas etapas (Figura 6). Quando o tecido vegetal é dilacerado, a linamarina é hidrolisada enzimaticamente pela β -glicosidase (linamarase), a qual é separada do glicosídeo no tecido intacto, por ser localizada em lugar distinto da célula. A clivagem produz glicose e α -hidroxinitrilas. Esta última quando catalisada por uma hidroxinitrilalase, transforma-se espontaneamente em HCN e nas cetonas correspondentes (VILPOUX, CEREDA, 2003). Embora essa reação possa não ocorrer na planta, enzimas presentes no trato digestivo dos animais e seres humanos possuem a capacidade de efetivá-la, podendo advir sintomas de intoxicação dependendo da quantidade e tipo de alimento ingerido (CAGNON et al., 2002).

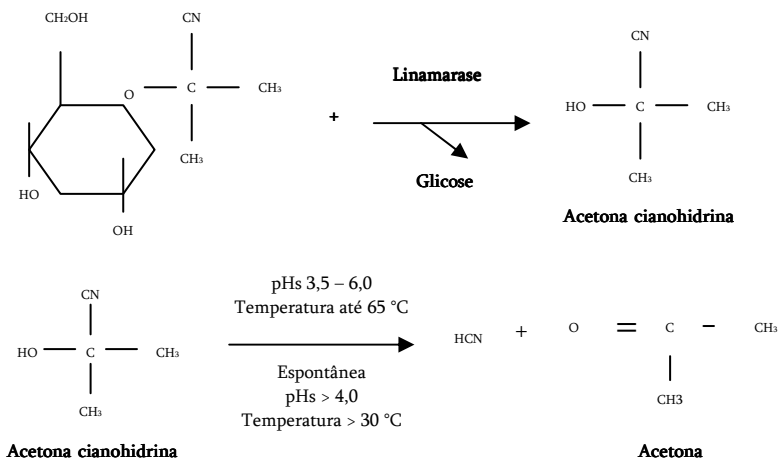


Figura 6 Formação de cianídeos a partir da linamarina.
 Fonte: Vetter (2000).

A toxicidade do íon cianeto (CN^-) é conhecida há mais de dois séculos. Este íon inibe a respiração celular atuando sobre as enzimas que contêm ferro (citocromo oxidase e catalase), impedindo que ocorra o consumo de oxigênio (PONCE, 2004). Por ingestão, a dose letal varia de 0,5 a 3,5 mg.kg^{-1} (cianeto/massa corpórea) e, por inalação, a concentração crítica desse íon está em torno de 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de ar (FURTADO et al., 2007).

Este limite, segundo Oke (1969), originou a classificação da mandioca em relação a sua toxidez, que é dependente do conteúdo de HCN: não tóxicas: menos de 50 mg de HCN/kg de raízes frescas; pouco tóxicas: de 50 a 80 mg de HCN/kg de raízes frescas; tóxicas: de 80 a 100 mg de HCN/kg de raízes frescas; muito tóxicas: mais de 100 mg de HCN/kg de raízes frescas. A raiz de mandioca ainda é comumente classificada como raiz mansa e brava, e ainda podem-se citar as doces que quase não apresentam os precursores do composto.

As consequências das intoxicações crônicas por glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca são diversas. Uma dessas envolve o sistema nervoso e é chamada neuropatia atáxica tropical (TAN), que é representada por uma mielopatia, atrofia óptica bilateral, surdez bilateral e polineuropatia (MIDIO; MARTINS, 2000).

No Brasil, é conhecida a prática de consumir produtos derivados de mandioca com doses mínimas de linamarina, prática essa que não tem sido acompanhada por análise científica (VILPOUX, CEREDA, 2003).

A fração da raiz da mandioca correspondente às fibras é pouco mencionada, embora a mandioca seja visivelmente fibrosa, cita-se que o teor de fibra da raiz é de cerca 2,0%, de acordo com Vitti (1966) apud Cereda (1994).

As fibras referem-se ao total de polissacarídeos da planta, junto com a lignina, que são resistentes à hidrólise por enzimas digestivas do trato gastrointestinal. São formadas por componentes majoritários, tais como a celulose, a hemicelulose, a pectina e a lignina. Podem ser classificadas de acordo com suas relações com a estrutura das paredes celulares, de acordo com a sua natureza química (polissacarídeos não relacionados com o amido e polissacarídeos não relacionados com a celulose) e segundo a sua solubilidade em água, sendo que as fibras solúveis incluem pectinas, algumas hemiceluloses solúveis e polissacarídeos de reserva da planta. As fibras insolúveis compreendem celulose, lignina e algumas frações de hemiceluloses (PERIAGO et al., 1993 apud FENIMAN, 2004).

A composição química das raízes tuberosas de mandioca é dependente de cultivares, épocas de colheita e condições climáticas das regiões de cultivo (CORRÊA, 1972).

3.5 Propriedades reológicas de mandiocas de mesa

Todos os alimentos, além de oferecerem odor, cor e sabor característicos, exibem determinado comportamento mecânico quando sujeitos a deformações (SMEWING, 2001). A textura consiste em um grupo de propriedades derivadas da estrutura do alimento e pode ser descrita por propriedades físicas (mecânicas e reológicas) (COPPES et al., 2002).

Reologia é definida como a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação (TOLEDO, 1991). De acordo com Dobraszcyk e Morgenstern (2003), a reologia é o estudo da deformação e fluxo dos materiais onde as medidas reológicas são estabelecidas para obter uma descrição quantitativa das propriedades mecânicas dos materiais, informação da estrutura molecular e composição estrutural, além disso, caracterizar e simular o comportamento do material durante o processamento e controle de qualidade.

O termo reologia vem do grego *rheo* (fluxo) e *logos* (ciência), foi sugerido por Bingham e Crawford, para descrever as deformações de sólidos e a fluidez de líquidos (LABA, 1993; LEONARDI et al., 2001).

Há várias razões para se estudar as propriedades reológicas, tais como: permitir uma visão sobre a estrutura do material porque a manifestação física é devido às suas características químicas; melhorar o controle de qualidade na indústria de alimentos; projetar equipamentos para manuseio de alimento sólido e correlacionar a aceitação do consumidor com alguma propriedade reológica definida. Muitas indústrias de alimentos têm testes padrão para correlacionar alguns aspectos reológicos de alimentos sólidos com a aceitação do consumidor (RAO et al., 2005).

Assim, no desenvolvimento de produtos alimentícios é de suma importância estudar as características reológicas, pois as mesmas demonstram instrumentalmente as características de textura que serão percebidas pelos consumidores. O estudo do comportamento reológico dos alimentos contribui para o conhecimento de sua estrutura, por exemplo, se há relação entre o tamanho e a forma molecular das substâncias em solução e sua viscosidade. Além disso, as medições reológicas são de grande utilidade para o controle dos processos (SMEWING, 2001).

O conhecimento do comportamento reológico dos alimentos é útil não somente para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para o dimensionamento de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas, entre outros (VASQUES, 2003). O comportamento dos fluidos é descrito através de modelos reológicos, que relacionam tensão de cisalhamento com a taxa de deformação (OLIVEIRA et al., 2008).

A quantificação das propriedades de textura como dureza, fraturabilidade e coesividade são de difícil medida, tanto instrumental quanto sensorial. Consequentemente, não há um equipamento ou sistema de medida ideal. Alguns equipamentos utilizados incluem: *Instron Universal Testing Machines*, *Texture Analyser TA.XT2*, *Rheograph Gel* (SMEWING, 2001; COPPES et al., 2002).

As propriedades reológicas dos produtos vegetais constituem aspectos importantes de qualidade, especialmente em tubérculos de difícil armazenamento e de curto prazo de validade. Entre essas propriedades estão o peso e o tempo que poderiam suportar antes de chegar aos seus limites de elasticidade, de deformação plástica e de resistência mecânica em diferentes estados de maturação (MOHSENIN, 1986; STROSHINE, 1999), assim como o grau de deformação quando a

raiz é colhida de diferentes maneiras e em diversos tipos de solos, todos têm por finalidade, conhecer a resistência do produto radicular ao dano mecânico e, desta maneira melhorar sua manipulação pós colheita (FRANCO, 1992).

A textura de um alimento é um dos atributos primordiais na aceitação perante o consumidor. Cada alimento ou produto alimentício tem características bem definidas, que geralmente são percebidas em primeira instância como características de textura. A viscosidade de uma manteiga, a dureza de alguns legumes, a suculência das frutas, todos esses exemplos são impressões sensoriais relacionadas com as características de textura de um alimento (SMEWING, 2001).

A textura pode ser definida como o grupo de características físicas que surge a partir dos elementos estruturais do alimento, sentidos pelo toque, relacionado com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob a ação de uma força e medido objetivamente por funções de massa, tempo e distância (VU et al., 2004).

A principal característica de qualidade exigida pelo consumidor de mandioca (produto cozido) é a textura final. Modificações durante a cocção que alteram a textura estão relacionadas com o amido, o principal componente do interior das células e com as paredes celulares, que definem o grau de coesão entre as células e as características do tecido. A célula vegetal é envolta pela plasmalema (membrana celular) e no exterior desta está a parede celular primária e a lamela média, estrutura que é composta por substâncias que cimentam as células entre si e que contém polissacarídeos, glicoproteínas e compostos fenólicos (BELÉIA; PEREIRA, 2004).

Muito da textura de tecidos vegetais pode ser atribuído à integridade estrutural da parede celular, da lamela média e da turgescência de líquidos ou grânulos de amido crus ou gelatinizados. A lamela média é lábil sob ação do calor de cocção e após a solubilização da pectina as células vegetais separam-se facilmente, marcando o ponto final da cocção (BELÉIA; PEREIRA, 2004).

Para o consumidor o conceito de textura significa o grau de aceitabilidade em função do produto ser macio ou não, suculento ou não. Do ponto de vista técnico, textura é a soma das sensações sinestésicas derivadas da degustação de um alimento, englobando as sensações percebidas na cavidade oral, as propriedades mastigatórias, residuais e acústicas, ou ainda é a reação do alimento frente à aplicação de força (CAMPOS, 1989).

Em nível estrutural, a raiz de mandioca se compõe em três tecidos principais: periderme (casca), o parênquima cortical e o

parênquima interior, no qual 80% do peso fresco da raiz, aproximadamente, correspondem ao parênquima ou polpa, que é o tecido em que a planta armazena o amido. O conteúdo de matéria seca da raiz de mandioca oscila entre 30 e 40%, a matéria seca do parênquima está constituída em sua maior parte (90 a 95%), pela fração não nitrogenada, ou seja, carboidratos (amido e açúcares), o restante desta matéria seca corresponde a fibras, lipídeos, cinzas (minerais) e proteínas. O amido representa, além disso, a maior parte dos carboidratos e, portanto, é o principal componente da matéria seca da raiz (DOMÍNGUEZ et al., 1983 apud VELÁSQUEZ et al., 2007).

Além da estrutura do tecido onde está inserido o amido, as raízes de mesa podem apresentar diferenciada reologia após o cozimento, de acordo com os grânulos de amido típicos de diferentes matérias primas (FENIMAN, 2004).

O amido é um dos componentes majoritários da maioria dos vegetais, principalmente dos cereais, raízes e tubérculos. Representa em torno de 70 a 80%, sendo uma fonte de energia para essas plantas. O amido é composto por dois polímeros de estruturas diferentes: a amilose e amilopectina (FENNEMA, 2000).

A taxa e a extensão da digestão do amido no organismo humano podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo a variação na proporção amilose: amilopectina, o processamento dos alimentos e as propriedades físico químicas, como gelatinização e retrogradação (BJÖRCK et al., 1994).

O amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados, uma vez que contribui para diversas propriedades de textura em alimentos, possuindo aplicações industriais como espessante, estabilizante, agente gelificante e de volume, adesivo, na retenção de água, dentre outros (SINGH et al., 2003 apud DENARDIN; SILVA, 2008).

A estrutura dos grânulos de amido é dependente das moléculas de amilose e amilopectina, as quais são associadas entre si por ligações de hidrogênio, formando áreas cristalinas radialmente orientadas. Entre estas áreas cristalinas existem as regiões amorfas, nas quais as moléculas não têm uma orientação particular. As áreas cristalinas, mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido na água. É por este motivo que o grânulo de amido exibe uma capacidade limitada de absorção de água, embora seja constituído de polímeros solúveis ou parcialmente solúveis (CIACCO, CRUZ, 1982, TAPARELLI, 2005).

O grânulo de amido é birrefringente, sob luz polarizada, apresenta uma típica cruz de malta, que pode ser cêntrica ou excêntrica. A birrefringência e a geometria cristalina estão necessariamente relacionadas. Assim, a birrefringência implica que existe um alto grau de organização molecular no grânulo, referindo-se a qualquer forma cristalina (LINEBARK, 1984; ZOBEL, 1988 apud TAPARELLI, 2005).

A função espessante do amido resulta no inchamento dos seus grânulos que ocorre na gelatinização (SELF et al, 1990 apud COUTINHO; CABELLO, 2005).

Durante o aquecimento do grânulo de amido em meio aquoso a amilose contribui na viscosidade da fase contínua da dispersão amido água (GALLIARD; BOWLER, 1987). Durante esse processo, parte da amilose de menor peso molecular poderá ter passado à solução, tendo-se, então, um sistema em que não há mais água livre, pois estará totalmente ligada às cadeias de amilose e amilopectina, ou presa nos espaços entre os grânulos. A viscosidade do sistema aumenta até o máximo e a transparência também (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

As moléculas de amilose tendem a formar estruturas helicoidais, existindo evidências de que a amilose apresenta-se com uma dupla hélice em solução e que pode existir nesse estado nos grânulos de amido (WHISTLER; DANIEL, 1993).

Os géis de amido são fluidos não newtonianos que podem exibir uma tensão de cisalhamento inicial a baixas taxas de deformação (GIBOREAU et. al., 1994 apud COUTINHO; CABELLO, 2005).

Segundo Ciacco e Cruz (1982), as características tecnológicas do amido que ajudam a determinar a sua aplicação industrial, são: reologia, gelatinização, retrogradação, claridade da pasta e susceptibilidade enzimática (TAPARELLI, 2005).

Segundo Waldron et al. (1997) o conjunto de tecidos resulta em um determinado órgão, tais como frutos, raízes ou folhas, com características particulares da sua funcionalidade. A estrutura hierárquica apresentada na Figura 7 ilustra o elevado grau de complexidade dos tecidos vegetais e demonstra que não se podem aplicar modelos simplistas para entender seu comportamento em determinadas condições físicas e químicas.

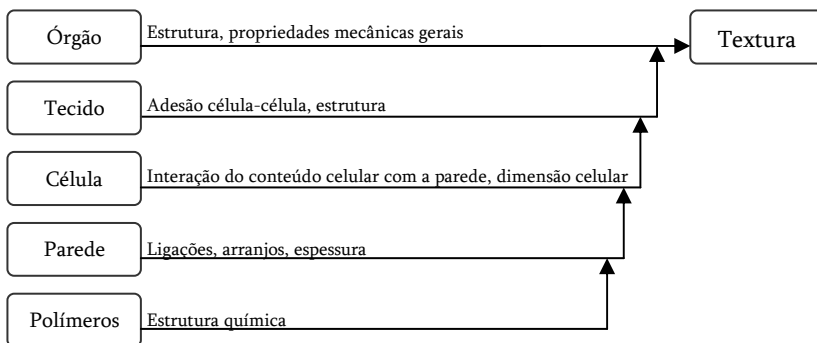


Figura 7 Representação esquemática dos níveis de estrutura que contribuem para as propriedades mecânicas dos tecidos vegetais.
Fonte: Waldron et al. (1997).

Quando o vegetal perde a integridade dos tecidos, deixa de refletir uma estrutura organizada e aproxima-se da estrutura apresentada por um tecido macio, composto por muitas células individualizadas e/ou rompidas (FAVARO, 2003).

A textura dos tecidos vegetais decorre principalmente das características da parede celular. Consequentemente, há muito interesse em compreender os efeitos do processamento térmico na química dos polímeros da parede celular em relação à textura do produto final (NG; WALDRON, 2002). O amolecimento termicamente induzido do tecido vegetal conduz, principalmente, a um aumento da separação celular. Essa separação ocorre devido à destruição parcial do gel péctico que se forma na matriz da parede celular, com consequente perda de adesividade intercelular na lamela média. Esse efeito é acompanhado por aumento na solubilidade de polissacarídeos pécticos, provavelmente em consequência da degradação dos mesmos por β -eliminação e de alterações na distribuição de íons (BINNER et al., 2000; NG; WALDRON, 2002).

As ligações de hidrogênio das substâncias pécticas são propensas ao rompimento quando submetidas ao aquecimento. Esse fato, em adição ao efeito da despolimerização péctica durante a cocção, tem como consequência a expansão e a solubilização das substâncias pécticas, promovendo a maciez dos tecidos, causada pela perda de integridade da lamela média (STERLING, 1963). Linehan e Hughes

(1969) observaram que a degradação de substâncias pécnicas está associada à perda de adesão celular.

A pectina determina a porosidade, a espessura celular e participa da importante função de manutenção da integridade do tecido. No processamento de batatas o material pécnico é degradado e parcialmente solubilizado no meio de cocção. Essa degradação influencia amplamente a adesão intercelular e a estrutura da parede celular remanescente, tornando-as parâmetros importantes de textura.

Três tipos de polissacarídeos pécnicos estão presentes em todas as paredes celulares primárias de vegetais, a saber, homogalacturonano, ramnogalacturonano I e II. Entretanto, pouco é conhecido das pequenas diferenças na estrutura e composição dos polissacarídeos pécnicos com respeito às alterações da textura durante o processamento (MARLE et al., 1997).

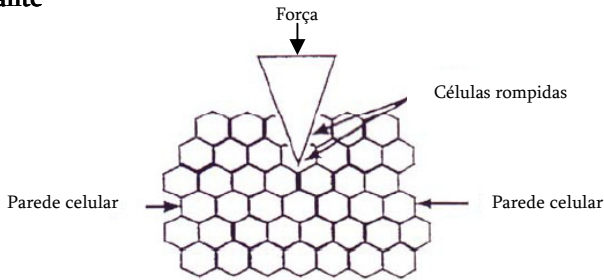
Segundo Stolle-Smits et al. (1995) a pectina da parede celular consiste de duas regiões distintas, uma linear de homogalacturonanos e uma ramificada de ramnogalacturonanos. Há evidências de ligações cruzadas covalentes em pectinas via ligações ésteres, conectando cada molécula de pectina, hemicelulose, celulose ou proteína. Sugere-se que algumas dessas ligações sejam entre moléculas de pectinas adjacentes. A pectina está conectada na parede apenas pela sua habilidade de formar géis não covalentes intermediados pelo cálcio. A maior reação de quebra que conduz ao amolecimento do vegetal é a despolimerização por β -eliminação da pectina intercelular. O aumento do conteúdo de grupamentos metil éster na molécula resulta em maior grau de degradação pécnica. Entretanto, possíveis modificações de constituintes menores, mas importantes, da parede celular, permanecem amplamente desconhecidas.

Normalmente, os tecidos que possuem parede celular secundária ou sofrem lignificação da parede não se tornam macios pela maturação ou pela cocção. No entanto, alguns tecidos parenquimáticos, cuja característica é a de possuírem parede pouco espessa e não lignificada, além de alto teor de amido, conservam a textura firme ou amaciam lentamente durante a cocção (PARKER; WALDRON, 1995).

O amaciamento também depende do inchamento dos grânulos de amido, que ocorre devido ao rompimento das ligações de hidrogênio que envolvem os polissacarídeos amilose e amilopectina, no grânulo intacto. A água forma novas ligações intragranulares, o que determina a gelatinização do amido, resultando na perda da cristalinidade, inchamento e substituição da aparência esbranquiçada pela transparente, no caso da mandioca cozida (MARCON et al., 2006).

Essa é a característica de vegetais cozidos e frutos macios, cuja textura é considerada farinácea ou *mealy*, conforme representado na Figura 8.

a. Crocante



b. Macio/ "mealy"

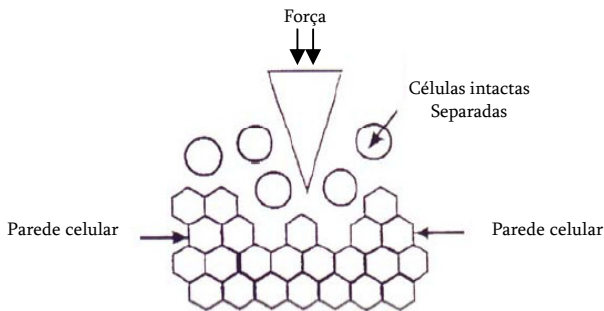


Figura 8 Representação esquemática de ruptura do tecido vegetal por (a) ruptura das células e (b) separação celular.

Fonte: Favaro (2003).

O processamento de vegetais pelo calor é geralmente acompanhado pelo amolecimento dos tecidos. O branqueamento e a esterilização, por exemplo, afetam os tecidos vegetais pela destruição do turgor, expansão das paredes celulares e danos aos tecidos. Como resultado, a textura dos vegetais processados pode ser atribuída muitas

vezes à perda da integridade estrutural da parede celular e da lamela média (STOLLE-SMITS et al, 1997).

Durante o processo de cocção ocorrem reações químicas que afetam a textura da raiz. É de interesse dispor de parâmetros que meçam as variações de textura, uma vez que estão relacionadas a mudanças nas propriedades sensoriais e físico químicas de interesse na produção e armazenamento (LINARES et al., 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As cultivares de mandioca estudadas neste trabalho foram cultivadas e cedidas pela Empresa de Pesquisa e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina (EPAGRI), na estação experimental de Urussanga, município localizado a 185 km de Florianópolis - SC, a uma altitude de 49 metros acima do nível do mar. As cultivares estudadas pelo grupo de pesquisa agrônômico da EPAGRI são as mais indicadas para o cultivo em Santa Catarina.

No âmbito do projeto “Caracterização das Raízes e de Amidos de diferentes Cultivares de Mandioca no Estado de Santa Catarina”, onde a partir do melhoramento genético da mandioca no Estado de Santa Catarina a Epagri e o Laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças, do departamento de Ciência de Alimentos, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, firmaram parceria para execução da pesquisa.

No presente trabalho, foi estudada a caracterização física e físico química das raízes de novas cultivares de mandioca, um segundo trabalho que será desenvolvido, a partir das mesmas cultivares de mandioca, pesquisará a caracterização do amido destas diferentes raízes.

Todas as raízes foram consideradas bravas (utilizadas por indústrias farinheiras e de extração de fécula) e de um ciclo vegetativo. O material foi cultivado em municípios próximos de Urussanga, como as cidades de Sangão, Morro da Fumaça e Jaguaruna.

O relevo da região é predominantemente de topografia acidental, havendo 30% de terrenos planos ondulados e 70% da área com declividade acima de 20%. O solo é podzólico vermelho/amarelo, de textura arenosa (45%), cambissolo álico (40%) e terra estruturada (15%). Em seu subsolo existem minérios importantes: o carvão mineral e também algumas reservas de fluorita e argila (Prefeitura Municipal de Urussanga, 2009).

Segundo a metodologia proposta por Köppen, o clima da região de Urussanga é classificado como subtropical úmido, sem estação seca, com verão quente. As temperaturas variam de 42,2 °C (máxima) e - 4,6 °C (mínima), com média de 19,2 °C. O inverno é frio e úmido com geadas ocasionais. As chuvas são bem distribuídas durante as estações do ano, não ocasionando longos períodos de secas e nem inundações frequentes. O seu índice pluviométrico é de 1.540 mm/ano e a umidade relativa do ar é de 81,5%, em média. Velocidade média do vento é de 2,0m/s (Prefeitura Municipal de Urussanga, 2009).

Os materiais foram recebidos no Laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças, localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.2 Métodos

As raízes das diferentes cultivares recebidas em três lotes, foram processadas para o preparo das amostras para a determinação da composição centesimal, ensaios reológicos (textura) e extração do amido, seguindo o fluxograma apresentado na Figura 9.

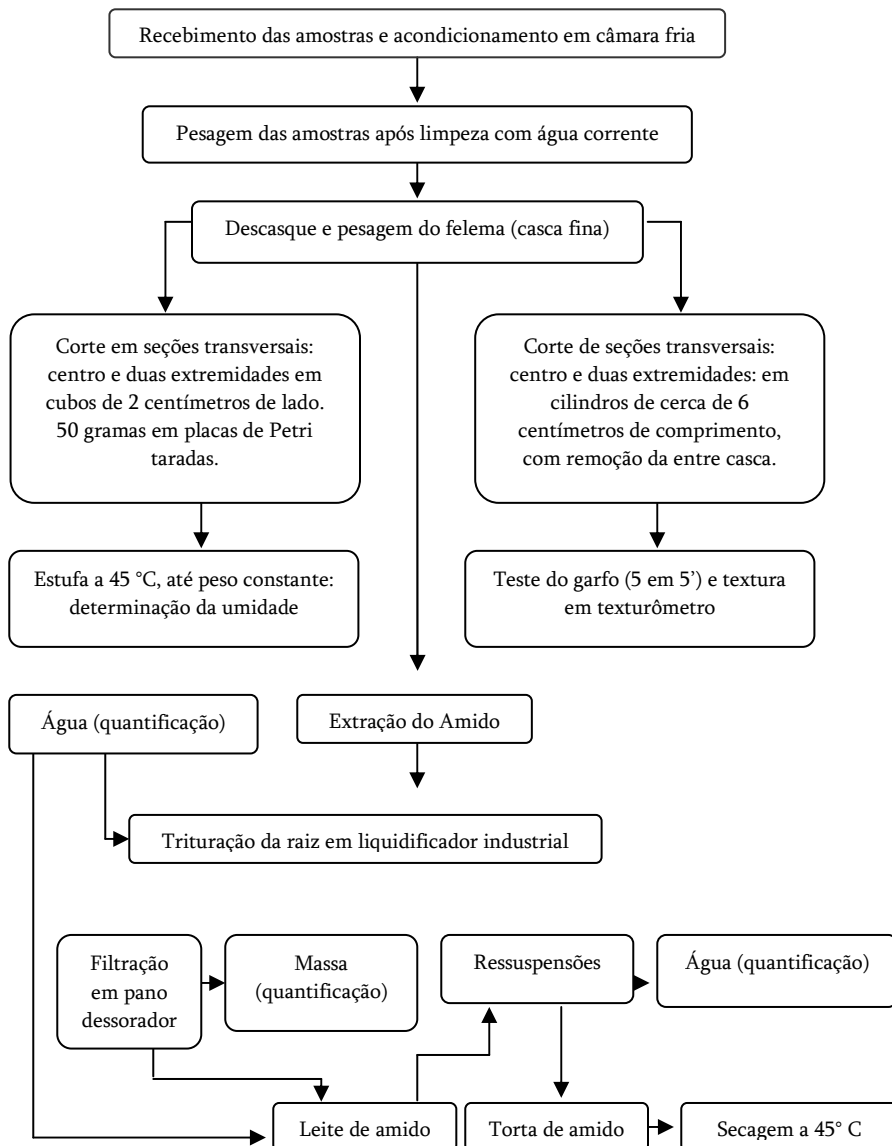


Figura 9 Fluxograma do processamento para física, físico química das cultivares de mandioca estudadas.

4.2.1 Preparo do material analisado

A partir do recebimento das amostras foi estabelecida a seguinte ordem de atividades para o preparo do material em estudo:

- ♦ condicionamento do material para a caracterização das raízes;
- ♦ extração do amido para a determinação do rendimento;
- ♦ determinação da textura da mandioca “in natura” e cozida;
- ♦ determinação da umidade das raízes;
- ♦ determinação da produção de resíduos sólidos na produção do amido,
- ♦ determinação do volume de água consumido na produção do amido e
- ♦ determinação de cianeto nas raízes.

Foram recebidas 10 cultivares, em três lotes, totalizando 30 amostras, com aproximadamente de 10 a 15 kg por amostra, sendo denominadas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Cultivares de mandioca oriundas de diferentes localidades e seus respectivos solos.

Cultivares	Município	Tipo de Solo *
STS 2/03-10 (raiz branca)	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
SCS 252 - Jaguaruna	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
Mandim Branca	Sangão	Argissolo
Mandim Branca	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
STS 1302/96 3 – Vermelhinha	Morro da Fumaça	Argissolo
STS 1302/96 3 – Vermelhinha	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
SCS 253 Sangão	Morro da Fumaça	Argissolo
SCS 253 Sangão	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
STS 1311/96 - 1	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
STS 1302/96 - 4	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
Preta	Sangão	Argissolo
STS 1309/96 - 7	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico
STS 2/03 - 7	Jaguaruna	Neossolo Quartzarênico

* Classificação conforme estabelecido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009).

As amostras foram recebidas sempre ao final da tarde, sendo armazenadas em câmara fria a 4 °C, obedecendo o tempo máximo de 24 horas após a colheita para o processamento.

As raízes foram lavadas com água corrente e pesadas em balança de pratos (Filizola). Foi feita a retirada do felema (película marrom) e determinada a relação felema/raízes.

Proveram-se cinco placas de Petri taradas e identificadas para três repetições de cada amostra, totalizando 25 placas de Petri. A partir dos segmentos das extremidades e da região central das raízes, perfazendo cerca de 20 gramas de cubos de dois centímetros de lado em cada placa tarada, foi registrado o peso fresco. A secagem foi realizada em estufa a 45 °C, até peso constante. Os resultados da umidade da raiz foram registrados e as amostras moídas, em moinho de café (Cadence, MDR 301), atingindo granulometria em torno de 60 mesh. Estas amostras em pó correspondentes às cultivares em estudo, foram embaladas em sacos de polietileno como embalagem primária e em embalagens PET, como embalagem secundária e, foram armazenadas em local fresco e seco até a determinação da composição centesimal em base peso seco.

4.2.2 Extração do amido e geração de resíduos

A terceira parte da amostra para cada repetição das cultivares foi utilizada para a determinação do rendimento em amido. Das raízes cruas restantes, extraiu-se o amido. Sendo pesado o que sobrou do material descascado, ou somente retirado o felema. As amostras foram trituradas em liquidificador industrial (MetVisa, LQL 10), empregando uma parte de raiz picada em cubos e três partes de água corrente (da rede pública). Filtrou-se a massa em pano dessorador (pano de queijo), lavando-se bem, a torta retida no filtro foi filtrada e devolvida, para que as novas extrações ocorressem até que o líquido que passou no filtro resultasse em incolor, ou seja, sem amido. Registrou-se o volume de água consumida na moagem, além da massa dos resíduos sólidos.

O leite de amido foi decantado, realizando-se três ressuspensões periódicas até que o sobrenadante resultasse incolor, somando sempre os volumes de água. Todo o líquido (“leite de amido”) que passou no filtro, desde as primeiras filtrações, foi retido em tanques, para decantação do amido.

O material decantado foi desidratado a 45 °C em estufa com circulação de ar (Fabbe). O material desidratado foi recolhido e pesado para o cálculo do rendimento em amido das cultivares em estudo. O rendimento obtido nas condições deste trabalho, foi corrigido para o rendimento industrial esperado, com base nas perdas no processamento, sendo considerado uma perda teórica de 1/3 do amido da matéria prima, juntamente com os resíduos sólidos do processamento (LEBOURG,

1996). Adotou-se para a correção do teor de amido nas cultivares, a Equação 1, levando em consideração a retenção do amido nos resíduos do processamento.

$$R_c = \%A_{BPU} - \% A_{BPU}/3 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- ♦ R_c - rendimento em amido corrigido para as perdas esperadas no processamento;
- ♦ A_{BPU} - teor de amido na matéria prima em base peso úmido.

A torta remanescente no filtro da extração do amido foi pesada no estado fresco e foi determinada a geração de resíduo sólido por tonelada de raiz e produção de amido para cada cultivar. Os valores corrigidos para o teor de amido foram adotados para a correção dos valores dos resíduos, segundo o método manual de extração empregado neste trabalho.

4.2.3 Teste do tempo de cozimento das raízes

As amostras das raízes foram examinadas quanto à facilidade de cozimento, com água em ebulição e posterior teste empírico do garfo em pontos significativamente equidistantes nos corpos de prova (BUTARELO et al., 2004).

O tempo de cozimento foi determinado segundo a metodologia adaptada por Pereira, Lorenzi e Valle (1985). Retirou-se da porção mediana de cada raiz três seções (pedaços). Para cada repetição, colocaram-se os pedaços em recipiente de alumínio, contendo 1 litro de água e procedeu-se a imersão das raízes em água fervente, registrou-se o tempo despendido para o cozimento. Estes segmentos foram descascados, retirados além do felema também a entre casca. O mesmo material, a partir da determinação do tempo de cozimento, foi levado para a avaliação da textura da raiz cozida.

O tempo de cozimento foi determinado como aquele onde as peças não apresentavam resistência à penetração sem, contudo, se fragmentarem, ao introduzir-se um garfo nos pedaços das raízes a cada cinco minutos.

4.2.4 Textura das raízes de mandioca

Amostras das raízes cruas e cozidas foram avaliadas quanto à textura. As amostras para a determinação da textura das raízes cruas foram removidas dos mesmos pontos, em amostras distintas, enquanto as raízes cozidas foram avaliadas após a determinação do tempo de cozimento. As amostras foram resfriadas, acondicionadas em sacos de

polietileno de baixa densidade e armazenadas em câmara fria, para a realização dos ensaios de textura. As raízes cruas reservadas anteriormente permaneceram resfriadas até a realização da avaliação de textura, sendo analisadas juntamente com as raízes cozidas, nas mesmas condições e repetições.

Três dias após o armazenamento as amostras foram avaliadas quanto à resistência ao cisalhamento. A análise de textura instrumental foi realizada no analisador de textura TA-XT2i, utilizando o *probe* P/2 (cilíndrico) e plataforma HDP/90, com a medida da força de compressão, operando nas seguintes condições: velocidade de pré-teste: 2,00 mm/s; velocidade de teste: 3,30 mm/s; velocidade de pós-teste: 5,00 mm/s; deformação: 10 mm/s.

4.2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras (previamente desidratadas em estufa a 45 °C) foram comparadas quanto às características microscópicas, por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Cada uma das dez amostras, em pó (pool de três lotes), foi fixada com fita dupla face, em suportes de alumínio e metalizada com uma camada de ouro de 350 Å de espessura em um aparelho a vácuo Polaron E5000. Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura Philips XL30, 20 kV no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina..

4.2.6 Composição centesimal

Foram avaliados os teores de umidade, cinzas (material mineral), extrato etéreo, proteína, fibras totais, solúveis e insolúveis, cianeto, amido e glicídios redutores em glicose.

4.2.6.1 Umidade

As amostras resultantes da determinação do teor de umidade das raízes, já em forma de farinha (em pó), foram empregadas para as análises da composição centesimal em base peso seco. A umidade das amostras desidratadas foi determinada pela metodologia 925.09 da AOAC (AOAC, 1995) e os resultados empregados para o cálculo da composição das amostras em base peso seco.

4.2.6.2 Extrato etéreo

O teor de lipídeos das amostras foi avaliado em aparelho *Soxhlet* tendo como solvente o éter etílico, conforme técnica 920.85 da AOAC (AOAC, 1995).

4.2.6.3 Proteínas

O teor de nitrogênio total das amostras foi determinado pelo método micro-*Kjeldahl* segundo metodologia 920.87 da AOAC (AOAC, 1995). O fator 6,25 foi empregado para a conversão do nitrogênio detectado em proteína bruta.

4.2.6.4 Minerais

O teor de cinzas foi determinado após incineração da amostra em forno mufla a 550° C, segundo o método 923.03 descrito pela AOAC (AOAC, 1995).

4.2.6.5 Fibras

Os teores de fibras solúveis e insolúveis foram determinados pelo método enzimático gravimétrico. E, pelo somatório desses teores determinaram-se fibras totais. Metodologia 991.43 (AOAC, 2005).

4.5.7 Valor calórico

O valor energético (kcal) foi obtido pela aplicação dos fatores de conversão 4, 9 e 4 para cada grama de proteína, lipídeo e carboidrato, respectivamente (WATT; MERRILL, 1999).

Para os valores de carboidratos, utilizou-se os valores de amido quantitativo mais os valores dos glicídeos redutores em glicose.

4.5.8 Amido quantitativo e glicídeos redutores em glicose

O amido foi hidrolisado em meio ácido, utilizando 1,0 grama da amostra em 50 mL de solução de HCl 1 M, em micro-ondas, em banho maria, por 10 minutos, em potência máxima, conforme adaptado de Cereda et al. (2004). O teste do iodo (I-KI) foi usado para comprovação da hidrólise. Após resfriamento, adicionou-se NaOH 1M (50 mL) e a amostra foi diluída com água destilada para balão de 250 mL. O hidrolisado foi filtrado em papel filtro, filtração rápida, anteriormente à leitura no polarímetro. O polarímetro (Cenco-Kern n°100.604 – *full circle polarimeter* – Holanda) foi utilizado para a leitura da glicose no hidrolisado de amido, foram realizadas 5 leituras. A Equação 2 foi empregada para a conversão em amido em gramas por 100 mL.

$$[\alpha]D = 100 \times \theta / l \times c \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

- ♦ $l = 2 \text{ dm}$
- ♦ $\theta = \hat{\text{Ángulo de leitura no polarímetro para a amostra}}$
- ♦ $\alpha = \text{desvio polarimétrico da glicose (57,2)}$

Os açúcares redutores presentes nas amostras de farinha analisadas foram determinados pelo método do ácido 3,5-dinitrossalicílico (MILLER, 1959). Duas gramas (2 g) da amostra em balão de 250 mL, em água destilada. Visando facilitar a liberação dos açúcares solúveis nas amostras, as mesmas permaneceram sob refrigeração por doze horas. Em tubo de ensaio com tampa rosqueável, uma alíquota de 1mL da solução da amostra e 1mL do reativo de DNS (ácido 3,5-dinitrossalicílico), foram misturadas em misturador vortex (Biomixer, QL901), e aquecidos em banho maria em ebulição por cinco minutos, resfriados sob água corrente e avaliada a absorbância a 540 nm, em espectrofotômetro HITACHI U-1800. O cálculo do teor de glicídeos redutores foi realizado a partir da curva padrão com glucose.

4.5.9 Teor de Cianeto

A determinação do Cianeto foi realizada conforme procedimento do Manual da Hach® (2000), através da metodologia adaptada de Epstein e Joseph (1947).

A amostra líquida foi feita com 10 g de raízes frescas (*in natura*), trituradas com 100 mL de água destilada. Em seguida, foram filtradas e diluídas em balão volumétrico de 25 mL e deixadas em repouso por 24 horas a baixa temperatura. Após este procedimento, colocou-se 10 mL do sobrenadante em tubo de ensaio e adicionou-se o Cyaniver três (Hach) agitando-o por 30 segundos e aguardando por mais 30 segundos. Após, adicionou-se o Cyaniver quatro e agitou-se por 10 segundos e em seguida foi adicionado rapidamente o Cyaniver cinco. Agitou-se por aproximadamente 10 segundos e por 30 minutos deixou-se em repouso.

Procedeu-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Hitachi U-1800) a 612nm. A concentração de cianeto foi determinada a partir de uma curva padrão obtida com solução de Cianeto de Potássio.

4.2.10 Análise estatística

Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados expressos em médias e desvio padrão. As médias foram comparadas por análise de variância.

Para avaliar as tendências comportamentais dos dados foram utilizadas medidas de posição, que permitiram verificar a distribuição e o comportamento de dados quantitativos no intervalo fechado, e medidas de dispersão, que medem as variabilidades dos dados em estudo e verificar se o conjunto de dados é homogêneo ou heterogêneo. A análise estatística foi realizada através do uso do *software* Statistic 6.0

(StatSoft, 2001) abrangendo a análise descritiva dos dados e comparação de médias pela análise de variância (Anova) utilizando-se o teste de Tukey.

As características que definem as melhores cultivares para aplicação na indústria foram estudadas pelo perfil de textura, mediante um modelo que expressasse o melhor produto dentre as cultivares estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura e no período da colheita podem afetar a qualidade das raízes de mandioca. A influência desses fatores decorre dos processos fisiológicos de crescimento, acúmulo e mobilização de substâncias nas raízes tuberosas dessa planta, que irão interferir na composição (LORENZI, 1994).

No presente trabalho, foram consideradas as diferentes amostras conforme o tipo de solo que foi cultivado. Das dez cultivares, três apresentaram esta diferença nos lotes. As raízes foram colhidas em meados de junho e julho (principais meses de colheita de mandioca na região Sul), o que permitiu um ciclo de oito meses de cultivo.

5.1 Características físicas das raízes

As dez cultivares de mandioca oriundas da região de Urussanga apresentaram raízes vigorosas, espessas e aparentemente saudáveis, porém, algumas cultivares mostraram vestígios de doenças (fitopatologias).

As doenças mais importantes da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) são aquelas que afetam a qualidade sanitária do material de plantio, as podridões radiculares e as deteriorações de pós colheita (LOZANO, 1989). A cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca) apresentou um felema muito aderido à casca (Figura 10), apresentando dificuldade na retirada para posterior extração de amido. Muitas destas raízes apresentaram fungos, sendo descartadas algumas amostras (Figura 10).



Figura 10 Cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca), proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca) (B).

O felema da cultivar SCS 252 – Jaguaruna (Figura 11) foi de fácil remoção, pois apresentou-se como uma delgada película. Esta raiz se mostrou mais macia no corte com entrecasca mais agregada, conforme observado na retirada de amostra para o teste de cozimento.



Figura 11 Cultivar SCS 252 – Jaguaruna, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina.

A cultivar Mandim Branca (Figura 12) apresentou muitas raízes deterioradas por fungos (Figura 12), provavelmente do tipo *Phytophthora* sp ou *Fusarium* sp, que são os fungos mais importantes agentes causadores da podridão radicular. Alguns estudos mostram que a ocorrência de *Phytophthora* sp é mais acentuada em plantios de mandioca em áreas sujeitas a encharcamento, com textura argilosa e de pH neutro ou ligeiramente alcalino. No caso de *Fusarium* sp, acredita-se que sua sobrevivência está relacionada a solos ácidos e adensados. Outros agentes causais como *Diplodia* sp, *Scytalidium* sp e *Botriodiplodia* sp podem, em áreas favorecidas por microclima, tornar-se patógenos prejudiciais à cultura (FUKUDA, 1993). A coloração do felema e a textura apresentaram-se um pouco mais escura e rígida em relação às demais cultivares.



Figura 12 Cultivar Mandim Branca, proveniente de Argissolo, município de Sangão – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar Mandim Branca (B).

A cultivar STS 1302/96 – 3 – Vermelhinha (Figura 13) foi a raiz que apresentou um felema de mais fácil remoção, nenhuma raiz apresentou sinais fitopatológicos.



Figura 13 Cultivar STS 1302/96 - 3 - Vermelhinha, proveniente de Argissolo, município de Morro da Fumaça – Santa Catarina.

A cultivar SCS 253 – Sangão (Figura 14), também apresentou problemas de fitopatologias (Figura 14). A remoção da casca foi dificultada pelas características da raiz, com grande geração de resíduo sólido desta operação. A retirada do felema foi feita com dificuldade.

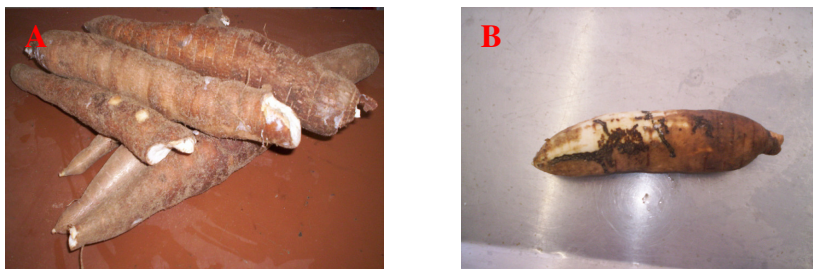


Figura 14 Cultivar SCS 253 - Sangão, proveniente de Argissolo, município de Morro da Fumaça – Santa Catarina (A). Fitopatologia em raízes da cultivar SCS 253 Sangão (B).

A cultivar STS 1311/96 -1 (Figura 15) não apresentou sinais de doença. Seu felema, apesar de ser escuro e aparentemente rígido, foi de fácil remoção. Muitas das raízes eram bem desenvolvidas, comparadas às demais, eram espessas e longas.



Figura 15 Cultivar STS 1311/96 - 1, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina

A cultivar STS 1302/96 – 4 (Figura 16), não apresentou sintomas de fitopatologia, seu felema teve remoção relativamente fácil.



Figura 16 Cultivar STS 1302/96 - 4, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina.

A cultivar denominada Preta (Figura 17), foi a raiz que apresentou sinais de fitopatologia severa, como mostra a Figura 20. Seu felema escuro e rígido foi considerado médio quando removido.



Figura 17 Cultivar Preta, proveniente de Argissolo, município de Sangão – Santa Catarina (A). Fitopatologia no interior da raiz da cultivar Preta (B).

A raiz de mandioca da cultivar STS 1309/96 – 7 (Figura 18), proveniente de solo Arenoso, apresentou um felema de cor mais clara e de fácil remoção.



Figura 18 Cultivar STS 1309/96 - 7, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina.

A cultivar STS 2/03 - 7 (Figura 19) apresentou a película marrom (felema) escura e rígida, com dificuldade moderada na retirada.



Figura 19 Cultivar STS 2/03 - 7, proveniente de Neossolo Quartzarênico, município de Jaguaruna – Santa Catarina

5.2 Teste do tempo de cozimento das raízes

As cultivares estudadas neste trabalho, apesar de classificadas como cultivares industriais, obtiveram tempo de cozimento variando entre 10,4 a 18,56 minutos (Tabela 2), não apresentando diferença estatística entre si para esta característica. Esta faixa de tempo de cozimento classifica-as como de cozimento normal, de acordo com Cereda e Vilpoux (2003), que descrevem raízes bem cozidas como apresentando aspecto farinhoso e opaco, com aroma e sabor típicos. Os autores classificaram o cozimento da mandioca, em 3 tipos. O tipo A com cozimento normal, em até 30 minutos à temperatura de ebulição da água e em pressão atmosférica. O tipo B caracteriza-se por raízes que

apresentam consistência vítrea ou cerosa, cozidas em pressão atmosférica. A raiz abre-se em lamelas apresentando-se translúcida e sem sabor. Sob pressão, o cozimento desenvolve-se normalmente ou próximo da normalidade. O tipo C seria aquele onde o cozimento não desenvolve mesmo sob pressão.

Tabela 2 Tempo de cozimento da raiz das dez cultivares de mandioca.

Cultivar	Tempo de cozimento (min) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	10,40 ^a ± 0,02
SCS 252 - Jaguaruna	18,56 ^a ± 3,09
Mandim Branca *	17,20 ^a ± 5,93
Mandim Branca **	17,60 ^a ± 0,29
STS 1302/96 3 – Vermelhinha *	15,46 ^a ± 4,98
STS 1302/96 3 – Vermelhinha **	12,60 ^a ± 0,21
SCS 253 Sangão *	17,05 ^a ± 3,36
SCS 253 Sangão **	18,05 ^a ± 2,46
STS 1311/96 - 1	12,11 ^a ± 2,50
STS 1302/96 - 4	13,81 ^a ± 5,36
Preta	13,53 ^a ± 5,68
STS 1309/96 - 7	13,60 ^a ± 2,52
STS 2/03 - 7	10,45 ^a ± 0,39

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

* Amostra de cultivar de raiz de mandioca, proveniente de Argissolo.

** Amostra de cultivar de raiz de mandioca, proveniente de Neossolo Quartzarênico.

De acordo com Vilpoux e Cereda (2003) a mandioca apresenta melhor cozimento quando entra em repouso fisiológico e quando passa por período de estresse (seco ou frio).

A qualidade de mandioca cozida tem sido estudada por vários autores (CEREDA et al., 1990; SAFO-KANTANKA; OWUSU-NIPAH, 1992; EGGLESTON; ASIEDU, 1994; LORENZI, 1994; CARVALHO et al., 1995). Eggleston e Asiedu (1994) determinaram a compressibilidade de cubos de várias cultivares de mandioca cozidas por 20 minutos, encontrando correlação positiva entre a textura final e o conteúdo em matéria seca e a adesão intercelular. Safo-Kantanka e Owusu-Nipah (1992) classificaram empiricamente a elasticidade e uniformidade da massa de mandioca cozida em farinhenta (desejável) e vítrea (indesejável). Carvalho et al. (1995) avaliaram 16 cultivares de mandiocas de mesa que foram selecionadas para produção e

comercialização a partir de dados em rendimento, tempo de cocção, presença de fibras e consistência da polpa (plástica ou pegajosa).

Segundo Lorenzi (1994), o tempo de cozimento das raízes de mandioca apresenta dois fatores que interferem nas características da massa gerada quando é cozida: fator intrínseco, quando há variações dentro e entre as raízes de planta de mesma variedade e fator extrínseco, quando há variações em função do genótipo, das condições ambientais (tipo de solo) e do estado fisiológico das plantas (idade/época de colheita).

Lorenzi (1994) avaliando o tempo de cozimento observou que este pode ser prolongado pelo tipo de solo (solos menos férteis produzem raízes que demoram mais tempo para atingir o ponto de cozimento ou não cozinham).

Os fatores que afetam o cozimento das raízes são variados e complexos, entretanto, sabe-se que variedade, época de colheita e influência ambiental são os principais determinantes (CEREDA; VILPOUX, 2003). Estes autores também sugerem duas hipóteses para explicar o não cozimento da mandioca. A primeira é que a impermeabilização da parede celular impede a penetração da água nas células da raiz dificultando a gelatinização do amido. Essa impermeabilização seria um processo rápido o suficiente para explicar a diferença de cozimento entre mandiocas do mesmo cultivo, na mesma época de colheita e processadas em tempos diferentes. A outra hipótese admite alterações na parede celular que não se deformaria, impedindo o inchamento dos grânulos de amido e, conseqüentemente, uma boa gelatinização, fator característico de bom cozimento. Normanha (1988) também sugere que o não cozimento das raízes de mandioca possa ser devido a fatores que não permitem o rompimento completo das ligações entre moléculas de derivados pécticos que unem a lamela média às paredes celulares primárias e aos demais elementos do parênquima.

No presente trabalho, apesar das cultivares estudadas não apresentarem diferença estatística entre os tempos de cozimento, algumas características inerentes aos tecidos vegetais em questão podem ser investigadas. As imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) podem servir como referencial para a presença de material celulósico e péctico envolvendo os grânulos de amido, dificultando o inchamento dos mesmos, no processo de cozimento.

A Figura 20 ilustra a imagem em MEV para as amostras STS 2/03-10 (raiz branca) e STS 2/03 - 7, com tempo de cozimento de 10,40 e 10,45 minutos, respectivamente, onde é possível observar que os grânulos de amido estão envoltos em uma delgada estrutura

parenquimatosa e, que embora o tempo de cozimento não tenha sido estatisticamente menor, estas cultivares apresentaram os menores tempos de cozimento, em valores numéricos, conforme observado na Tabela 2.

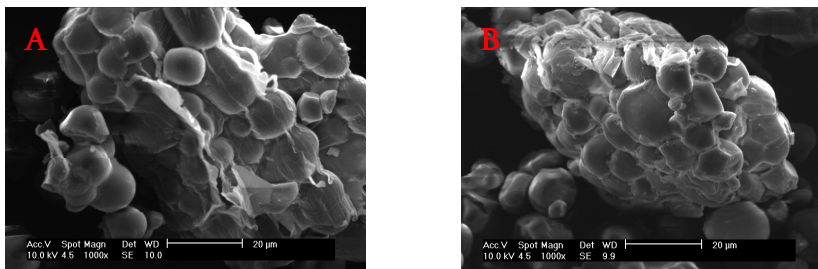


Figura 20 Micrografia (MEV), das cultivares STS 2/03-10 (raiz branca) (A) e STS 2/03 - 7 (B) (1000X).

As amostras STS 1311/96 - 1, STS 1302/96 - 4, Preta e STS 1309/96 - 7, apresentaram o segundo segmento quanto ao tempo de cozimento, sendo o segundo grupo de cozimento mais rápido. A Figura 21 ilustra as micrografias em MEV para estas cultivares.

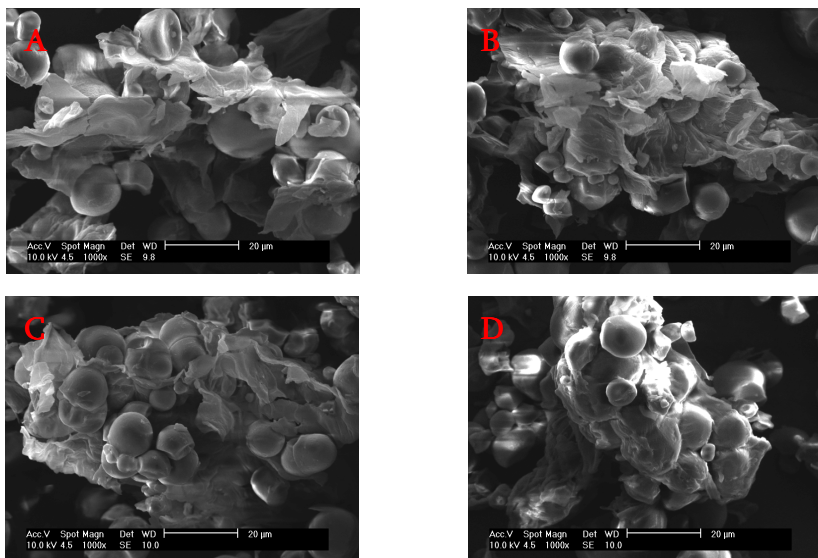


Figura 21 Micrografias (MEV) das cultivares STS 1311/96 - 1 (A), STS 1302/96 - 4 (B), Preta (C) e STS 1309/96 - 7 (D) (1000X).

As estruturas apresentadas para as cultivares STS 1311/96 – 1, STS 1302/96 – 4, Preta e STS 1309/96 - 7, apresentam-se visivelmente mais envolvidas por material celulósico e pécitico do que as cultivares STS 2/03-10 (raiz branca) e STS 2/03 – 7.

O terceiro grupo de amostras com tempo de cozimento mais alto, representado pelas cultivares SCS 252 – Jaguaruna, Mandim Branca, STS 1302/96 3 – Vermelhinha e SCS 253 Sangão, apresentaram estrutura microscópica ligeiramente diferenciada das demais cultivares, conforme pode ser observado na Figura 22.

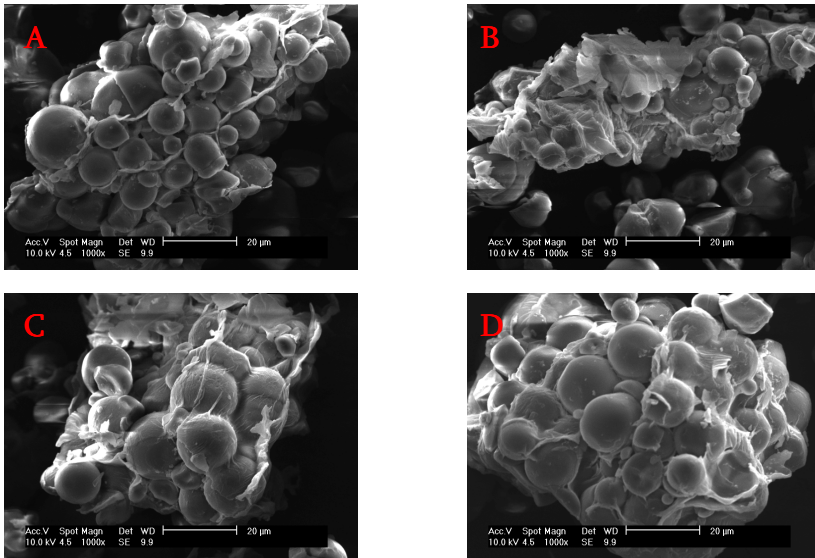


Figura 22 Micrografias (MEV) das cultivares SCS 252 – Jaguaruna (A), Mandim Branca (B), STS 1302/96 3 – Vermelhinha (C) e SCS 253 Sangão (D) (1000X).

Portanto, microscopicamente, as diferenças existem. O teste do garfo, realizado manualmente, constitui uma avaliação sujeita a erros, conforme pode ser observado pelo elevado desvio padrão apresentado para os resultados ilustrados nas Figura 21 e 22. Segundo esta avaliação, a textura das amostras cozidas não difere entre si estatisticamente. No item 5.3, serão discutidos os resultados para a textura das cultivares estudadas, cruas e cozidas, mediante o uso do texturômetro.

O uso do cozedor Mattson na metodologia para determinação do tempo de cozimento propicia uma avaliação mais objetiva do que a proposta por Pereira et al. (1985), e seguida por Fukuda et al. (1988), Carvalho et al. (1988) e Lorenzi et al. (1990, 1996), em que o cozimento foi avaliado de forma subjetiva, com auxílio de um garfo, conforme o realizado neste trabalho.

5.3 Dureza das raízes de mandioca

5.3.1 Textura das raízes cruas de mandioca

A textura do tecido vegetal cru está na dependência da composição e integridade do mesmo. Considerando que os testes de textura foram realizados com as raízes, no mesmo tempo de colheita e condições padrões de estocagem, transporte e cortes, as diferenças apresentadas são características das raízes em estudo.

As Figuras referentes aos resultados da textura estão ilustradas em anexo, onde pode ser observado que o comportamento das mesmas segue o modelo ilustrado na Figura 23.

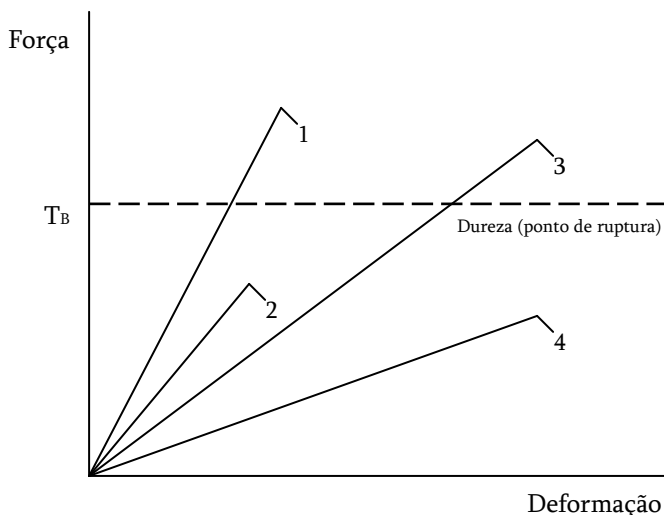


Figura 23 Relação entre força e deformação para um material rígido (linhas 1 e 2) e para um material macio (linhas 3 e 4): linha 1, material rígido/forte; linha 2, material rígido/fraco; linha 3, material macio/forte; linha 4, material macio/fraco.

Fonte: Lewis (1997).

Observa-se para os pontos amostrais uma expressiva variabilidade, o que é típico em amostras de raízes com diferenças entre os pontos de análise. Ressalta-se a realização de dezoito testes por cultivar, conforme as figuras ilustradas em anexo, que mostra as médias da relação entre a Força (N) e a Distância (mm).

A figura 24 e 25 elucidam a textura das diferentes cultivares em relação ao tipo de solo cultivadas. Observa-se que para as raízes oriundas de solos menos férteis, apresentaram um desvio padrão elevado, como é o caso da cultivar STS 1302/96 – 4. Para aquelas raízes, cultivadas em solos argilosos, isto é, solo mais fértil, a Mandim Branca apresentou um valor de desvio padrão maior com as demais, apresentando uma força em torno de 25 N.

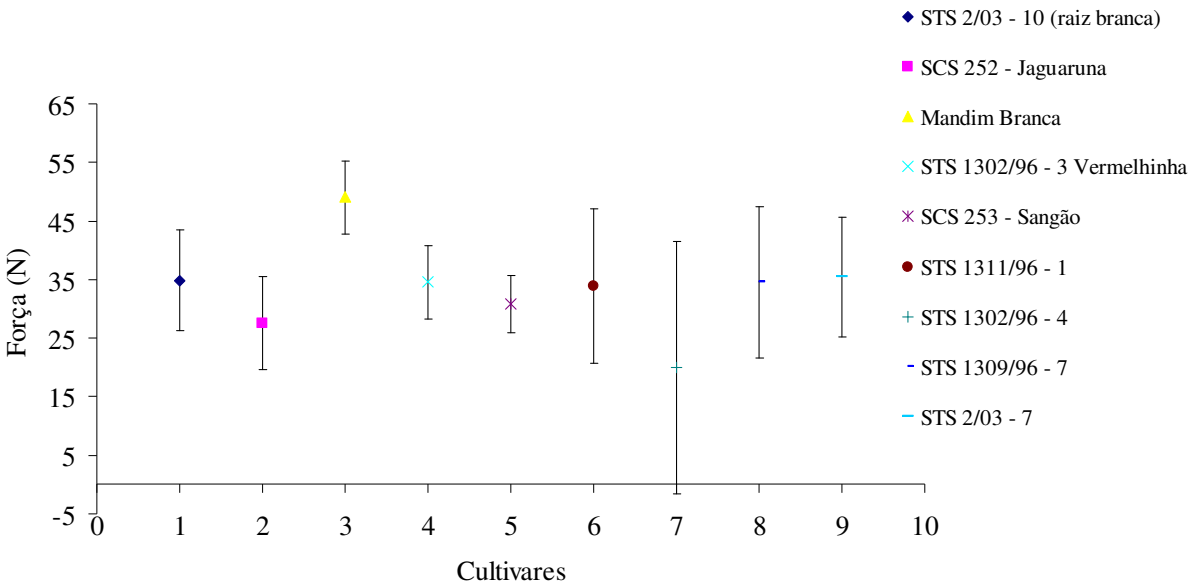


Figura 24 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cruas de mandioca, oriundas de Neossolo Quartzarênico.

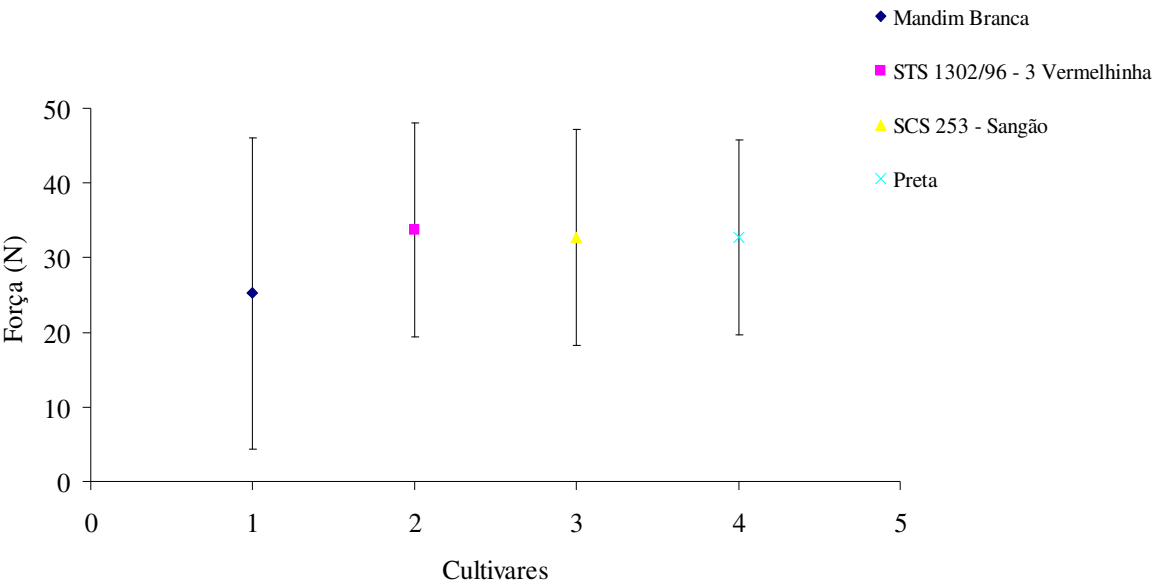


Figura 25 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cruas de mandioca, oriundas de Argissolo.

Este perfil de resultados difere ligeiramente dos resultados obtidos para o tempo de cozimento, revelando que, além da presença de material péctico e celulósico, a forma e distribuição do amido e da umidade no tecido vegetal, contribuem para o comportamento reológico das raízes cruas. Não foram encontrados na literatura, artigos que relacionem o tempo de cozimento com a textura da raiz crua de mandioca. O trabalho de Feniman (2004), que avaliou o tempo de cozimento da mandioca com diferentes ciclos, usando o cozedor Mattson, não realizou avaliação de textura em texturômetro para as raízes cruas, tendo estudado a viscosidade do amido das amostras em diferentes ciclos.

5.3.2 Textura das raízes cozidas de mandioca

Diferentemente das amostras cruas, mais duras, as amostras cozidas apresentaram padrão de textura típico, com camadas superficiais menos duras do que as camadas subjacentes, curvas 3 e 4, da Figura 23. As formas apresentadas pelas curvas da Força (N) pela distância (mm) (Anexo), revelaram o perfil de amostra cozida, com as diferenças prevalentes entre as cultivares, nos diferentes pontos de ensaio.

As Figuras 26 e 27 ilustram os pontos máximos de ruptura para as cultivares de mandioca cozidas, cultivadas em Neossolos quartzarênicos e Argissolos. Observa-se que as forças máximas foram menores do que para as raízes cruas. A cultivar SCS 253 Sangão, cultivada em Argissolo, apresentou um elevado desvio padrão, quando comparado com a mesma cultivar, oriundo de Neossolo Quartzarênico. A cultivar SCS 252 – Jaguaruna, mostrou-se mais rígida quando cultivada em solo mais fértil.

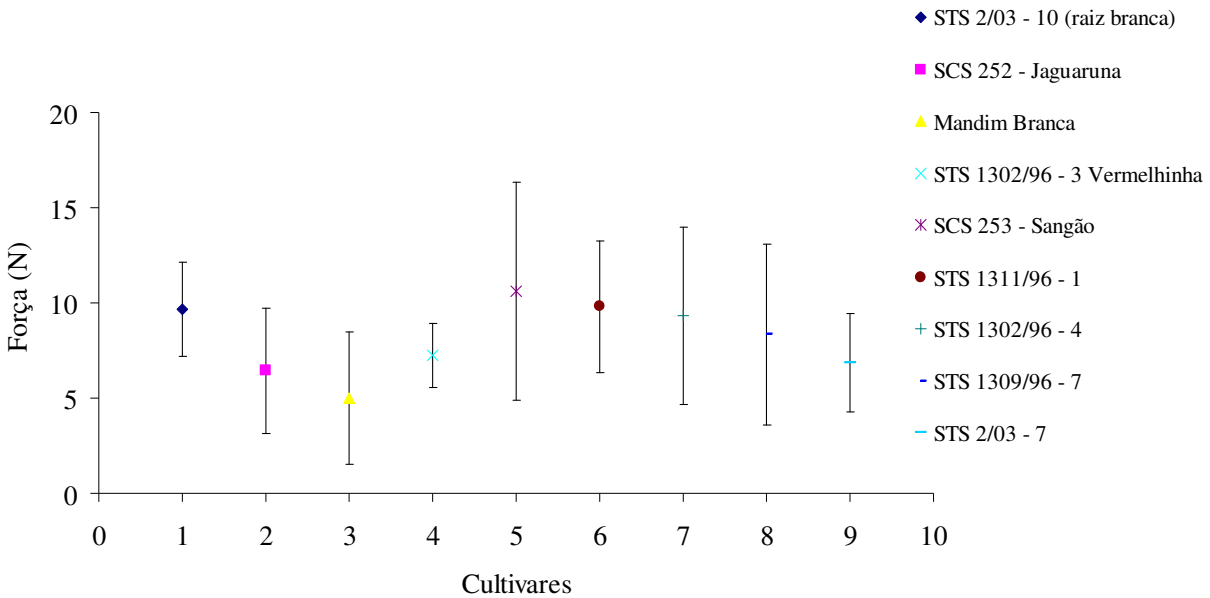


Figura 26 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cozidas de mandioca, oriundas de Neossolo Quartzarênico.

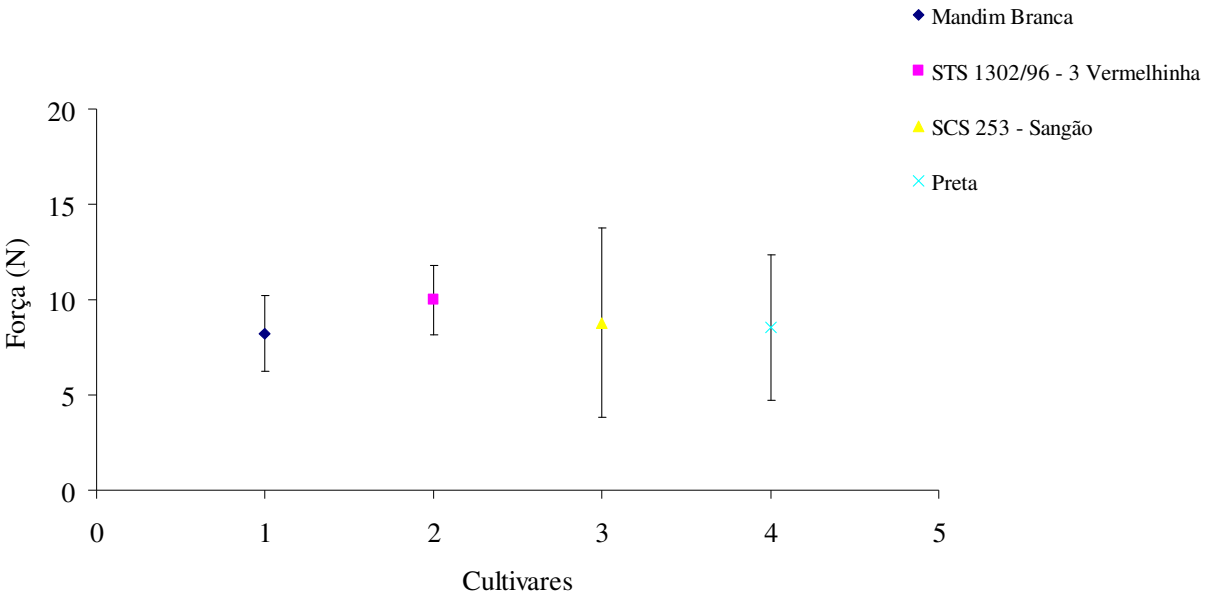


Figura 27 Força Máxima (N) e desvio padrão de diferentes cultivares de raízes cozidas de mandioca, oriundas de Argissolo.

Verifica-se ao examinar os resultados das amostras cruas e cozidas, que, para a maioria delas, as amostras apresentam um novo panorama quanto à dureza, novas faixas de textura surgem após o cozimento, o que foi definido pelas reações de amolecimento de tecidos, segundo a natureza de cada estrutura.

O teste do garfo, não mostrou diferença significativa entre as cultivares quanto ao tempo de cozimento, no entanto, com o uso do texturômetro tanto para a análise das amostras cruas quanto cozidas, diferenças foram observadas. A análise de textura das amostras cozidas apresentou maior discriminação entre as cultivares.

A textura dos vegetais depende do arranjo das células juntamente com os espaços intercelulares que compõem os tecidos, ou seja, da organização estrutural (NG; WALDRON, 2002). Damião Filho (1993) cita como exemplo dessa organização estrutural o tecido parenquimático, rico em substâncias de reserva, que possui variações no formato das células, geralmente poliédricas, possuindo apenas a parede celular primária.

A diferença entre mandiocas, quanto à textura após o cozimento, tanto está associada à natureza pectica e celulósica, quanto à disponibilidade de espaços intracelulares para o inchamento dos grânulos de amido.

Com o inchamento, ocorre tanto a mudança da aparência das raízes cozidas, quanto uma troca na gomosidade dos tecidos. Enquanto no tecido cru, não se manifesta o caráter de goma do amido, na matriz vegetal contendo amido gelatinizado, a maciez tende a aumentar, porém, a estrutura fica mais pegajosa. O que ocorre em alguns tecidos é que o grânulo, mesmo submetido ao aquecimento, em condições aquosas, está intimamente aprisionado em regiões com estruturas ricas em material pectico, enrijecidas pelo pectato de cálcio. Estes fatores são importantes na definição da dureza em diferentes cultivares de mandioca. Portanto, é possível fazer uma previsão sobre a maciez das cultivares, associando os resultados obtidos para as amostras cozidas, uma vez que algumas amostras apresentam-se rígidas enquanto cruas e macias após o cozimento. Adicionalmente às avaliações de textura das raízes cruas e cozidas, a determinação do teor de fibras alimentares totais, solúveis e insolúveis, pode contribuir para elucidar as diferentes texturas encontradas (FENIMAN, 2004).

Estas afirmações não podem ser concluídas integralmente com o presente estudo, que caracterizou apenas as raízes, ressalvo, após a conclusão do segundo trabalho, em execução, intitulado “Caracterização do amido de diferentes cultivares de mandioca”.

5.4 Determinação do rendimento em amido e geração de resíduos na produção do amido de mandioca

As principais formas de processamento da mandioca no Brasil são: a produção da farinha de mandioca e a extração do amido (fécula). A primeira gera principalmente resíduos sólidos, enquanto a segunda resulta também na geração de resíduos líquidos. Os resíduos sólidos são a casca marrom (felema), a casca interna, raízes não utilizáveis, farelo, bagaço e restos de farinha. Os resíduos líquidos são gerados durante a prensagem da mandioca para fabricar a farinha e durante a extração do amido e, são denominados manipueira. Na extração do amido a manipueira (água vegetal) é diluída pela água utilizada no processo, reduzindo sua carga orgânica e o conteúdo de cianídeos (CEREDA; TAKAHASHI, 1996).

Enquanto a extração do amido em escala industrial, utiliza peneiras centrífugas e inúmeras operações para a remoção do amido das fibrilas de mandioca, a extração de amido realizada no presente trabalho foi de forma manual, com eficiência, provavelmente, aquém, daquela obtida nos processos industriais. O mesmo procedimento foi seguindo para todas as raízes estudadas. Sendo assim, os valores serão apresentados neste item, em termos relativos, uma vez que parte do amido pode ter sido retido aos resíduos sólidos, uma vez que o cálculo do volume de água foi realizado após a decantação do amido somado àquela empregada na moagem, de modo que não foram registradas perdas de amido junto ao efluente. No entanto, o principal resíduo sólido da produção do amido de mandioca, em base peso seco, pode conter em média 50% de amido (AMANTE, 1997).

O rendimento em amido das dez cultivares, corrigido para o sistema manual de extração usado no presente trabalho, foi expresso em porcentagem, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 Rendimento em amido (%) da raiz das dez cultivares de mandioca.

Cultivar	Rendimento em amido* (%) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	18,72 ^b ± 1,30
SCS 252 - Jaguaruna	16,90 ^c ± 1,51
Mandim Branca	22,61 ^a ± 1,21
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	22,89 ^a ± 5,22
SCS 253 Sangão	19,28 ^{a,b} ± 4,14
STS 1311/96 - 1	19,44 ^{a,b} ± 7,20
STS 1302/96 - 4	19,56 ^b ± 1,61
Preta	15,93 ^c ± 2,19
STS 1309/96 - 7	17,77 ^{b,c} ± 1,77
STS 2/03 - 7	19,47 ^{a,b} ± 4,00

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

* Calculado através da equação 1.

A cultivar STS 2/03 - 10 (raiz branca) juntamente com a SCS 253 sangão, STS 1311/96 – 1, STS 1302/96 – 4, STS 1309/96 – 7 e STS 2/03 - 7 apresentaram o rendimento em amido de 18,72%; 19,28%; 19,44%; 19,56%, 17,77% e 19,47%, respectivamente (Tabela 5), valor relativamente baixo, comparativamente ao rendimento encontrado por Viana et al. (2002), que avaliou o rendimento de amido em plantas sob efeito do tipo de corte (reto, bisel, cruzado e rachado) e do apoio da maniva, encontrando valores entre 25,17 e 25,69%.

As cultivares SCS 252 – Jaguaruna e Preta, tiveram rendimento em amido de 16,90 e 15,93%, não diferindo estatisticamente. São valores considerados baixos para fins industriais, uma vez que para ser economicamente viável, a raiz de mandioca deve apresentar acima de 20% de amido (SRIROTH, 2000).

As cultivares Mandim Branca e STS 1302/96 – 3 Vermelhinha apresentaram rendimento em amido em torno dos 20%. Contudo, foram raízes que apresentaram valores mínimos, para serem consideradas de interesse industrial, para o parâmetro rendimento em amido.

A viabilidade da introdução de uma nova matéria prima nas indústrias produtoras de amido está baseada nas características agrônômicas da cultura, composição físico química e nos resíduos gerados. Sob o ponto de vista tecnológico, a presença de outros componentes não amiláceos na matéria prima deve ser considerada. Estes compostos podem interferir no processo de extração do amido,

alterando o rendimento final, como é o caso das fibras (teor e tipo), proteínas, gorduras e gomas (SARMENTO, 1997).

A cultura da mandioca apresenta, em média, 30% de matéria seca nas raízes, já tendo sido encontrado, na espécie *Manihot esculenta* Crantz, até 45% de matéria seca. Os teores de matéria seca nas raízes são altamente correlacionados com os teores de amido ou fécula, dependendo da variedade, do local de cultivo, da idade e época de colheita (FUKUDA, 2005).

De acordo com Fukuda (2005) vários estudos sobre o potencial de produção de amido foram desenvolvidos com a cultura da mandioca no Brasil, observando-se uma ampla diversidade genética da espécie para este fator, variando de 5 a 43%.

O rendimento de amido, das dez cultivares estudadas, apresentou valores com diferenças significativas entre si, o que se traduz que todas as cultivares, inclusive aquelas que foram cultivadas em diferentes solos e condições extrínsecas, como a Mandim Branca, STS 1302/96 – 3 Vermelhinha e SCS 253 Sangão, apresentaram rendimento em amido variando entre 16,90 e 22,89%, o que está aquém dos resultados obtidos por outros autores, que empregaram um processo piloto similar ao industrial em suas avaliações (SRIROTH, 2000, VIANA et al., 2002).

As cultivares estudadas são consideradas matérias primas para fins industriais, ou seja, para extração de fécula. As cultivares Mandim Branca e STS 1302/96 3 - Vermelhinha, foram as únicas cultivares que apresentaram rendimento em amido acima do valor esperado (22,89%), contudo este valor está abaixo do esperado para a indústria e comparativamente ao encontrado por outros autores, com valores acima de 30% (NUNES et al., 2009).

Os resultados da extração de fécula para a indústria é de suma importância, pois está associado ao custo final do produto. Segundo Leonel e Cereda (2000) a produção industrial brasileira obtém 25% de fécula em relação à mandioca bruta, o que, em base seca, representa mais de 60% de rendimento.

Os rendimentos encontrados para as variedades estudadas são considerados baixos, possivelmente devido às condições de extração, usando mandioca de um ciclo, Pereira e Beléia (2004) mostram, em seus estudos, que cultivares mais jovens apresentam mais material de parede celular do que os mais velhos, pois as raízes continuam acumulando amido enquanto no solo, diminuindo proporcionalmente o material de paredes celulares.

No presente trabalho, os resultados para amido, apresentados no item composição centesimal, foram considerados para a concorrência entre as cultivares quanto ao possível rendimento em amido.

Adicionalmente ao rendimento em amido, uma importante característica da mandioca para uso industrial é a relação entre a quantidade de raízes processadas e os resíduos sólidos emitidos. No Brasil são numerosas as indústrias de processamento de raízes de mandioca, variando em volume de material processado; desde unidades que consomem apenas 1 tonelada por dia, a indústrias de médio a grande porte que processam até 300 toneladas por dia, resultando em quantidades consideráveis de resíduos (NETO et al., 1998).

A Tabela 4 apresenta os resultados da geração de resíduos sólidos para as cultivares estudadas, tanto relacionando com a raiz processada quanto com o amido produzido. Estes dados revelam que enquanto a industrialização da cultivar STS 1311/96 – 1 pode gerar 1050,34 kg de resíduo, a STS 1302/96 3 Vermelhinha, produz apenas 420,63 kg de resíduo por tonelada de raiz processada, o que pode ser importante sob o aspecto ambiental e considerando as características deste material.

Tabela 4 Resíduo sólido da produção de fécula a partir de diferentes cultivares de mandioca (kg/tonelada de raiz e kg por tonelada de fécula)

Cultivar	Resíduo sólido	
	kg/T de raiz \pm DP	kg/T de fécula \pm DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	563,85 ^c \pm 70	3.427,85 ^g \pm 760
SCS 252 - Jaguaruna	546,01 ^f \pm 40	3.246,78 ⁱ \pm 30
Mandim Branca	423,52 ^g \pm 7	2.714,70 ^j \pm 260
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	420,63 ^g \pm 50	3.038,55 ^h \pm 770
SCS 253 Sangão	666,90 ^b \pm 90	3.560,22 ^f \pm 130
STS 1311/96 - 1	1050,34 ^a \pm 51	4004,08 ^e \pm 82
STS 1302/96 - 4	553,36 ^{e,f} \pm 20	4.293,55 ^b \pm 490
Preta	625,73 ^c \pm 60	5.345,15 ^a \pm 1080
STS 1309/96 - 7	592,57 ^d \pm 40	4.081,19 ^d \pm 630
STS 2/03 - 7	580 ^d \pm 58	4190,50 ^c \pm 660

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão. BPU – base peso úmido.

As características destes resíduos sólidos, contendo ainda, principalmente, amido e fibras e, considerando-se que o processo de produção de farinha de mandioca caracteriza-se, de um modo geral, como uma atividade de significativa importância no setor agroindustrial,

como também no aspecto social, tanto pela fixação do homem no campo como pela produção do principal alimento energético para milhões de pessoas, estes resíduos poderiam vir a ser convertidos em farinha.

Durante as diversas fases de processamento, são geradas quantidades consideráveis de materiais que são, atualmente, descartados como resíduos ou subutilizados. Considerando apenas a parte sólida, Bianchi e Cereda (1999) definem, como inaceitável, que um material que apresenta em sua composição amido, fibras e um alto valor calórico, seja subutilizado ou, simplesmente disposto no ambiente, sem nenhuma utilidade. Além da geração de resíduos sólidos, os efluentes das fecularias, resultam no principal problema ambiental enfrentado por estas indústrias.

Comparando-se os resultados obtidos, a cultivar Mandim Branca, permite a obtenção de amido, com menor produção de resíduo sólido, sendo a cultivar Preta, uma das que mais gerou resíduo sólido, na extração em amido.

Adicionalmente à importância dos resíduos sólidos, o consumo de água e a emissão de efluentes correspondem a um importante problema para as fecularias, por isso as cultivares estudadas foram avaliadas quanto ao consumo de água no processo produtivo. O volume de água usado para a extração de amido das dez cultivares estudadas (Tabela 5), mostrou diferenças significativas entre si. A cultivar Preta, foi a que apresentou o maior volume de água por amido extraído, pode-se estimar que são mais de 39.104,79 litros para cada tonelada de amido produzido.

Tabela 5 Volume de água para a extração de fécula a partir de diferentes cultivares de mandioca (L/tonelada de raiz e L por tonelada de fécula).

Cultivar	Volume de água	
	L/T de raiz \pm DP	L/T de amido \pm DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	6.086,00 ^b \pm 1910	36.140,10 ^b \pm 9690
SCS 252 - Jaguaruna	5.729,03 ^b \pm 830	34.403,99 ^c \pm 6560
Mandim Branca	4.249,12 ^c \pm 580	27.362,36 ^f \pm 5690
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	3.591,02 ^{d,c} \pm 1800	25.990,92 ^g \pm 6660
SCS 253 Sangão	7.120,44 ^a \pm 236	35.653,50 ^b \pm 5500
STS 1311/96 - 1	7.122,59 ^a \pm 2220	33.928,04 ^d \pm 1810
STS 1302/96 - 4	3.158,82 ^e \pm 730	24.547,89 ^h \pm 7050
Preta	4.576,17 ^c \pm 1500	39.104,79 ^a \pm 15450
STS 1309/96 - 7	4.323,22 ^c \pm 800	29.528,15 ^e \pm 7120
STS 2/03 - 7	3.949,88 ^d \pm 430	29.239,25 ^e \pm 9510

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

De acordo com Wosiacki e Cereda (2002), o volume de água de processamento na produção de fécula, pode representar 60% ou mais do peso da matéria prima processada. Os resíduos líquidos geram, em média, um volume de 2,62 m³ (2.620 L) com a água de lavagem das raízes e 3,68 m³ (3.680 L) com a água de extração da fécula por tonelada de raízes processadas. Sendo esta última composta pela água de constituição das raízes mais a água utilizada para a extração (CEREDA, 2001).

Esta tendência do menor consumo de água nas cultivares com maior teor de amido pode ser indicativo de que, em cultivares com menores quantidades de componentes celulósicos e pécnicos, que poderiam contribuir para a elevada retenção de água no processo industrial, fica justificado o menor consumo de água no processamento.

Cereda (1996) avaliou os resíduos da industrialização da mandioca e concluiu que o bagaço gerado na etapa de extração da fécula de mandioca caracterizou-se por uma umidade elevada, em torno de 85%, uma grande quantidade de amido retido 80% e cerca de 11% de fibras.

Lebourg (1996) apresentou resultados obtidos para o bagaço de batata doce, e encontrou uma grande concentração de amido (79,94%) seguido de fibras (11,13%) e concluiu que esses resultados são muito semelhantes aos observados em análises de caracterização do resíduo do processamento da mandioca, indicando que a retenção de amido é uma

característica do sistema de extração e não da matéria prima. O autor apresentou ainda, resultados do rendimento industrial do processamento de mandioca, em comparação com a batata doce, através do balanço de massa, com a geração de resíduos sólidos e líquidos. Os resultados do presente trabalho subsidiam a previsão quanto à geração de resíduos sólidos e líquidos para as cultivares estudadas, indicando que a procura por cultivares com maiores rendimentos em amido, além do aspecto econômico, pode representar a geração de menores quantidades de resíduos sólidos e líquidos.

Segundo Lebourg (1996) o balanço de massa para a fecularia Brasamide (Bataguassu-MS), no processamento de raízes de mandioca é de 254,7 kg de fécula (base úmida) e 928,6 kg de resíduo fibroso com 85% de umidade para cada tonelada de raiz processada, sendo que esta indústria processa em torno de 200 T de raízes/ dia. Portanto, cerca de um terço do amido presente na raiz é eliminado no bagaço.

Estes valores representam 3.613,2 Kg de resíduo sólido por tonelada de amido obtido, sendo estes próximos aos obtidos neste trabalho, para as cultivares SCS 253 Sangão e STS 1311/96 – 1, que apresentaram os maiores rendimentos em amido

5.5 Composição centesimal das raízes de mandioca

A Tabela 6 ilustra o teor de umidade para as cultivares estudadas. Pequenas diferenças nos teores de umidade das raízes podem ser oriundas da variação da quantidade de água disponível no solo, uma vez que o índice pluviométrico da região apresentou-se dentro do estimado, cerca de 1540 mm anuais (Prefeitura Municipal de Urussanga, 2009).

Tabela 6 Umidade da raiz das dez cultivares de mandioca.

Cultivar	Umidade da raiz (%) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	61,76 ^{a,b,c} ± 1,05
SCS 252 - Jaguaruna	65,94 ^{a,b} ± 0,34
Mandim Branca	53,91 ^{c,d} ± 1,59
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	49,01 ^d ± 0,79
SCS 253 Sangão	53,91 ^{c,d} ± 1,62
STS 1311/96 - 1	60,59 ^{a,b,c} ± 1,51
STS 1302/96 - 4	60,39 ^{b,c} ± 1,50
Preta	68,53 ^a ± 0,38
STS 1309/96 - 7	63,44 ^{a,b} ± 0,68
STS 2/03 - 7	60,47 ^{a,b,c} ± 0,14

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

Quanto ao teor de umidade Padonou et al. (2005) avaliando a composição de 20 variedades de mandioca, verificaram que a umidade das variedades variou de 60,3 a 80,9%. Enquanto Grizzotto e Menezes (2003) avaliaram a composição centesimal das variedades IAC Mantequeira e IAC 576.70 e observaram umidades de 57,6 a 58,2%.

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), é frequentemente cultivada em solos arenosos, geralmente com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica (TORMENA et al., 2002).

A cultivar Preta que apresentou a maior percentagem em umidade da raiz, é proveniente de argiloso, porém, das três amostras recebidas, duas amostras foram cultivadas no município de Sangão e a outra em Jaguaruna.

As cultivares Mandim Branca, STS 1302/96 3 – Vermelhinha e SCS 253 Sangão, que foram cultivadas em solos distintos, em amostras entre si, apresentaram-se, também, com resultados distintos. No caso a Mandim Branca e a SCS 245 Sangão, apresentaram valores similares (53,91%), sendo cultivadas em Argissolos e Neossolos Quartzarênicos. Já a cultivar STS 1302/96 3 – Vermelhinha, foi a que apresentou o menor valor de umidade, sendo que esta foi cultivada em solo argissolo no município de Morro da Fumaça (duas amostras) e uma amostra em solo Arenoso, proveniente de Jaguaruna.

De um modo geral, as raízes que foram cultivadas em solos arenosos, grande parte das amostras, apresentaram umidade média de 60%. De acordo com Tormena et al. (2002), a mandioca é frequentemente cultivada neste tipo de solo

Embora o teor de umidade corresponda a um importante parâmetro desta matéria prima, devido às diferenças encontradas, os demais componentes da raiz serão expressos em base peso seco e, também, em base peso úmido, visando facilitar as discussões.

5.5.1 Extrato etéreo

A fração extrato etéreo indica o teor de material solúvel em éter correspondendo aos lipídeos e demais substâncias apolares. A mandioca é reconhecidamente uma matéria prima que apresenta baixo conteúdo de lipídeos, por isso, não há referências com relação aos teores de lipídeos na farinha de mandioca na legislação brasileira (BRASIL, 2005), o mesmo ocorrendo em trabalhos avaliando a mandioca como matéria prima, conforme a proposta do presente trabalho. Contudo, sabe-se que tal característica pode variar devido às propriedades intrínsecas das raízes da mandioca (CHISTÉ et al., 2006).

A cultivar STS 1302/96 3 - Vermelhinha se sobressaiu dentre as demais pelo maior teor de lipídeos encontrado na farinha de mandioca oriundo desta cultivar (Tabela 7), enquanto que as cultivares SCS 253 Sangão, STS 1311/96 - 1 e STS 1302/96 - 4 foram obtidos os menores teores de lipídeos dentre todas as cultivares analisadas. Apenas na cultivar constituída pela variedade STS 1302/96 3 - Vermelhinha, o valor de lipídeos foi superior ao relatado por Ferreira Neto et al. (2003), que encontrou o valor de 1,71% em farinhas comercializadas no Acre.

Tabela 7 Extrato etéreo das dez cultivares de mandioca (BPS).

Cultivar	Extrato etéreo (g/100g) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	1,14 ^b ± 0,14
SCS 252 - Jaguaruna	0,76 ^{c,d,e} ± 0,01
Mandim Branca	0,85 ^c ± 0,01
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	1,97 ^a ± 0,03
SCS 253 Sangão	0,44 ^f ± 0,04
STS 1311/96 - 1	0,38 ^f ± 0,02
STS 1302/96 - 4	0,46 ^f ± 0,02
Preta	0,83 ^{c,d} ± 0,11
STS 1309/96 - 7	0,50 ^{e,f} ± 0,01
STS 2/03 - 7	0,55 ^{d,e,f} ± 0,01

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BPS – base peso seco. DP – Desvio Padrão.

A fração extrato etéreo pode representar pigmentos lipossolúveis, por exemplo, os carotenóides. A coloração da polpa da

cultivar STS 1302/96 3 – Vermelhinha, apresentou esses pigmentos, visualmente observada. Essa coloração indica a presença de pigmentos carotenóides (MARAVALHAS, 1964), e algumas dessas substâncias são importantes porque são precursoras da vitamina A.

A mandioca é uma excelente fonte de β -caroteno, precursores da Vitamina A, nas raízes de coloração amarela; e, de licopeno, nas raízes de coloração rosada. Essa correlação foi mais uma descoberta importante da comunidade científica, facilitando e agilizando o processo de identificação e seleção de variedades com maior potencial de carotenos nas raízes (FUKUDA, 2005).

Segundo Fukuda (2005), os teores de β -caroteno (pró-vitamina A) nas raízes de mandioca é um caráter governado por poucos genes e de fácil manipulação pelos métodos convencionais de melhoramento genético. Com isso, estimam-se ser fácil obter variedades de mandioca com teores mais elevados de caroteneóides nas raízes, superiores aqueles já encontrados no germoplasma nativo (variedades crioulas).

5.5.2 Teor de proteínas

As cultivares apresentaram teor de proteínas bastante baixo, o que está de acordo com outros trabalhos realizados sobre a composição da raiz da mandioca (ALBUQUERQUE et al., 1993). Este produto é considerado um alimento essencialmente energético em função do baixo teor de proteína e elevado teor de carboidratos.

Os valores de proteína obtidos nas cultivares variaram de 2,22 a 3,66%, com as maiores médias para a cultivar SCS 252 – Jaguaruna (Tabela 8). A proteína encontrada na farinha de mandioca está diretamente relacionada à variedade da raiz a que lhe deu origem (CHISTÉ et al., 2006). Desta forma, uma variedade de mandioca com maior teor de proteínas é indicada para a fabricação da farinha. Não obstante, foram obtidos para a cultivar SCS 253 Sangão o menor teor de proteína dentre as dez cultivares analisadas.

Os resultados de proteínas para as cultivares estudadas no presente trabalho foram superiores aos obtidos por Ferreira Neto et al. (2003) de 1,70%. Dias e Leonel (2006) encontraram valores de 0,57 a 1,08% na farinha de mandioca de diferentes localidades do Brasil, e Chisté et al. (2006) valores de 0,53 a 0,93% na farinha de mandioca produzida no Pará.

Tabela 8 Teor de proteínas das dez cultivares de mandioca (BPS).

Cultivar	Proteínas (g/100g) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	2,41 ^{b,c} ± 0,02
SCS 252 - Jaguaruna	3,66 ^a ± 0,18
Mandim Branca	2,64 ^{b,c} ± 0,01
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	2,42 ^{b,c} ± 0,07
SCS 253 Sangão	2,22 ^c ± 0,04
STS 1311/96 - 1	2,87 ^b ± 0,07
STS 1302/96 - 4	2,42 ^{b,c} ± 0,02
Preta	2,35 ^{b,c} ± 0,10
STS 1309/96 - 7	2,45 ^{b,c} ± 0,14
STS 2/03 - 7	2,48 ^{b,c} ± 0,02

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BPS – base peso seco. DP – Desvio Padrão.

Os valores apresentados na Tabela 10, expressos em base peso seco, indicam que a cultivar SCS 252-Jaguaruna é a mais rica em proteína e a SCS 253 – Sangão, apresentando o menor valor.

5.5.3 Resíduo mineral fixo (cinzas)

Na legislação brasileira (BRASIL, 2005) conceituam-se as cinzas como o resíduo mineral fixo resultante da incineração da amostra do produto. Desta forma, o teor de cinzas da farinha de mandioca pode estar relacionado tanto com as características intrínsecas das raízes quanto com o processo de fabricação, como, por exemplo, o descascamento (CHISTÉ et al., 2006). De acordo com Paiva (1991), valores maiores que a tolerância máxima permitida pode ser também um indicativo de teores significativos de Ca, P, Fe e Mg, como também, mais provavelmente, indicam contaminação por material estranho ao produto ocasionado por falhas em algumas etapas do processamento.

Nas amostras analisadas, os menores teores de cinzas foram obtidos nas cultivares STS 1309/96 – 7 e STS 2/03 – 7, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 9). As demais cultivares apresentaram valores mais elevados para esta característica. Todas as amostras avaliadas foram inferiores aos valores médios de minerais encontrados por Ferreira Neto et al. (2003) de 1,70%, não sendo citado pelos autores se foram utilizados descascadores industriais e se houve remoção do feixe lenhoso ou cepa da raiz.

Tabela 9 Teor da cinzas das dez cultivares de mandioca (BPS).

Cultivar	Cinzas (g/100g) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	1,65 ^b ± 0,02
SCS 252 - Jaguaruna	1,49 ^{b,c,d} ± 0,06
Mandim Branca	1,36 ^{c,d} ± 0,02
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	1,44 ^{b,c,d} ± 0,06
SCS 253 Sangão	1,50 ^{b,c,d} ± 0,01
STS 1311/96 - 1	1,50 ^{b,c,d} ± 0,21
STS 1302/96 - 4	1,64 ^{b,c} ± 0,32
Preta	2,46 ^a ± 0,40
STS 1309/96 - 7	1,24 ^d ± 0,19
STS 2/03 - 7	1,31 ^d ± 0,15

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BPS – base peso seco. DP – Desvio Padrão.

Considerando o mesmo processo de preparo das amostras e obtenção das farinhas das diferentes cultivares, os valores encontrados para o teor de minerais, revelam características das cultivares, sendo a cultivar Preta superior às demais quanto ao teor de minerais.

5.5.4 Teor de fibras

A Tabela 10 ilustra os resultados para fibras totais, solúveis e insolúveis, em base peso seco (BPS) e base peso úmidos (BPU), para as cultivares estudadas no presente trabalho.

Quanto ao teor de fibras, a Legislação Brasileira (BRASIL, 2005) não estipula valores, contudo, foi possível verificar diferenças significativas deste componente entre as cultivares analisadas. A cultivar Preta foi a que apresentou o maior teor de fibras, sendo que as demais cultivares obtiveram menores médias

Tabela 10 Teor de fibra insolúvel, solúvel e totais das dez cultivares de mandioca (BPS e BPU).

Cultivar	Fibras (g/100g)		Totais	
	Insolúveis ± DP	Solúveis ± DP	BPS ± DP	BPU ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	4,94 ^b ± 0,03	1,28 ^a ± 0,05	6,22 ^b ± 0,01	2,37 ^b ± 0,28
SCS 252 - Jaguaruna	4,93 ^b ± 0,06	1,20 ^a ± 0,06	6,13 ^{b,c} ± 0,13	2,09 ^c ± 0,24
Mandim Branca	4,60 ^b ± 0,41	0,95 ^{b,c} ± 0,05	5,56 ^{b,c,d} ± 0,46	2,56 ^{a,b} ± 0,19
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	4,42 ^{b,c} ± 0,16	0,87 ^{c,d} ± 0,08	5,29 ^{c,d} ± 0,24	2,69 ^a ± 0,08
SCS 253 Sangão	3,73 ^c ± 0,26	0,96 ^{b,c} ± 0,01	4,70 ^d ± 0,27	2,17 ^b ± 0,04
STS 1311/96 - 1	5,20 ^{a,b} ± 0,01	0,94 ^{b,c} ± 0,06	6,14 ^{b,c} ± 0,06	2,42 ^{a,b} ± 0,01
STS 1302/96 - 4	4,93 ^b ± 0,29	1,14 ^{a,b} ± 0,02	6,08 ^{b,c} ± 0,32	2,41 ^{a,b} ± 0,07
Preta	5,93 ^a ± 0,05	1,19 ^a ± 0,02	7,12 ^a ± 0,02	2,24 ^b ± 0,10
STS 1309/96 - 7	4,55 ^{b,c} ± 0,22	1,07 ^{a,b,c} ± 0,09	5,62 ^{b,c} ± 0,13	2,05 ^c ± 0,24
STS 2/03 - 7	5,00 ^b ± 0,12	0,71 ^d ± 0,01	5,71 ^{b,c} ± 0,10	2,26 ^{b,c} ± 0,28

Médias com letras diferentes entre as linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BPS – base peso seco. BPU – base peso úmido. DP – Desvio padrão.

Sob os conceitos das Tecnologias Limpas e o valor crescente das fibras na dieta, os resultados apresentados, podem ser discutidos nestes dois aspectos, um deles, valorizando as cultivares com elevado teor de fibras para a elaboração de produtos funcionais e em outro, considerando que as fibras contribuem para a capacidade de retenção de água dos resíduos sólidos da produção da fécula de mandioca.

Grande parte de trabalhos encontrados na literatura afirmam que o teor de fibras nas raízes de mandioca aumenta com a idade da planta. Kato et al. (1987) encontraram incremento dos teores de fibra bruta das raízes com o envelhecimento das plantas, como consequência, observaram modificação da textura e aumento do tempo de cocção das raízes. Pereira e Beléia (2004) observaram decréscimo no teor de fibra bruta das raízes com o aumento da idade das plantas de mandioca, dos sete aos 19 meses.

Fenimam (2004) comparou cultivares de mandiocas quanto ao seu ciclo, com 10 e 15 meses. Encontrou teores de fibras solúveis e insolúveis nas idades estudadas sem diferenças significativas, e constatou que o somatório dos mesmos (fibras totais) acusou aumento significativo com a idade das plantas, provavelmente devido ao maior tempo de permanência das raízes no solo.

Mattos e Martins (2000) classificaram os alimentos de acordo com o seu teor de fibras: baixo (inferior a 2,4 g fibras/100 g), moderado (2,4 a 4,4 g fibras/100 g) ou alto (superior a 4,4 g fibras/ 100 g). De acordo com essa classificação, todas as cultivares apresentaram teores altos de fibras (Tabela 14), uma vez que representam a raiz desidratada. Considerando-se que estas cultivares, são para fins industriais, delas resultaria farinhas com alto teor de fibras.

Acredita-se que as fibras exercem funções gastrointestinais através de sua ação física, capacidade de hidratação e de aumentar o volume e a velocidade de trânsito do bolo alimentar e fecal. As fibras possuem também capacidade de complexar-se com outros constituintes da dieta por meio de vários mecanismos, podendo arrastá-los em maior quantidade na excreção fecal. Dessa forma, tanto nutrientes essenciais, proteínas, minerais e vitaminas, como substâncias tóxicas, poderão ser excretadas em maior ou menor quantidade, dependendo da qualidade e da quantidade da fibra presente na dieta (RAUPP et al., 1999).

Sob o ponto de vista tecnológico, para a obtenção do amido de mandioca (fécula), o teor de fibra subentende a tendência para a geração de resíduos sólidos, como a cultivar Preta que apresentou o maior teor de fibras em base peso seco e maior geração de resíduo sólido para cada tonelada de fécula produzida. Para a produção da farinha de mandioca,

conhecer o teor de fibra pode destinar algumas cultivares para farinhas mais ricas em fibras, o que corresponde à vantagem dietética para este tipo de produto. Portanto, no que tange ao teor de fibras, a cultivar SCS 253 – Sangão seria adequada para a produção de amido e a Preta para a produção de farinha.

A legislação para o teor de amido em farinha estabelece que as farinhas devam ter, no mínimo, 70 % de amido (BRASIL, 2005). Esta exigência em amido limita a oportunidade na comercialização de farinhas com mais elevado teor de fibras, o que seria uma vantagem dietética para o consumidor em todas as regiões do Brasil.

O número elevado de cultivares de mandioca adaptados às mais diversas regiões e cultivo em diferentes solos, confere ampla variação na composição química da mandioca (CENI et al., 2009).

5.6 Teor de amido e glicídeos redutores em glicose

Os valores de amido (Tabela 11) foram inferiores aos valores médios encontrados por Dias e Leonel (2006), que encontraram valores de 81,02 a 91,56% de amido na farinha de mandioca e apresentaram os teores mínimos preconizados pela Legislação (BRASIL,1995) de 70 a 75%.

Tabela 11 Teor de amido quantitativo das dez cultivares de mandioca (BPS e BPU)

Cultivar	Amido (g/100g)	
	BPS ± DP	BPU ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	73,28 ^{a,b} ± 0,15	28,08 ^{a,b,c} ± 8,97
SCS 252 - Jaguaruna	74,42 ^{a,b} ± 0,18	25,35 ^{b,c} ± 3,27
Mandim Branca	73,58 ^{a,b} ± 0,25	33,91 ^{a,b} ± 16,77
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	74,51 ^a ± 0,27	34,34 ^a ± 10,81
SCS 253 Sangão	73,42 ^{a,b} ± 0,27	28,93 ^{a,b} ± 7,05
STS 1311/96 - 1	74,00 ^{a,b} ± 0,12	29,16 ^{a,b,c} ± 0,98
STS 1302/96 - 4	74,08 ^{a,b} ± 0,27	29,34 ^{a,b,c} ± 5,54
Preta	73,71 ^{a,b} ± 0,25	23,90 ^c ± 8,01
STS 1309/96 - 7	72,92 ^b ± 0,15	26,66 ^{b,c} ± 2,58
STS 2/03 - 7	73,88 ^{a,b} ± 0,30	29,20 ^{a,b,c} ± 1,86

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BPS – base peso seco. BPU – base peso úmido. DP – Desvio Padrão.

De acordo com Jorge et al. (2002) a mandioca é uma das plantas fotossintetizadoras mais eficientes que se conhece, sendo que, suas raízes apresentam teores que variam entre 20 e 45% de amido e 5%

de açúcares redutores. Zeoula et al. (1999) relataram que os teores de amido na matéria seca da raiz de mandioca variam de 76,20 a 91,39%.

O amido é um carboidrato encontrado em abundância na natureza, só competindo em quantidade com a celulose. É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80 a 90% de todos os polissacarídeos da dieta (LEONEL, 2009).

Os resultados para amido, em base peso seco, não revelam expressivas diferenças entre as cultivares, como matéria prima. No entanto, quando as considerações são feitas em termos de raiz fresca, observa-se que a cultivar STS 1302/96 3 – Vermelhinha e Mandim Branca, apresentaram os maiores percentuais de amido. Portanto, ao adquirir esta cultivar para a produção de fécula ou de farinha, economicamente ela é superior às demais. Com os teores de matéria seca para estas cultivares, em torno de 50% e, considerando-se que em base peso seco, elas apresentam cerca de 74% de amido, o rendimento ideal em amido seria de aproximadamente 375 kg/tonelada de raiz. No entanto, o rendimento ideal considera a extração de 100% do amido, o que não ocorre mesmo no mais sofisticado sistema de extração. Considerando-se os dados de Vilpoux e Cereda (2003) de que juntamente com as fibrilas, cerca de 80% da matéria seca do resíduo sólido está constituído por amido e que as fibras correspondem a cerca de 5% da matéria seca, conforme encontrado neste trabalho, estas duas cultivares podem ser consideradas as mais indicadas para a extração de amido, dentre as cultivares estudadas, mesmo considerando as perdas no processo industrial.

Os valores apresentados para amido refletem os resultados apresentados para os demais componentes, como fibras, proteínas e minerais, o que faz com que os valores para amido encontrados neste trabalho, sejam inferiores comparativamente aos trabalhos publicados.

A determinação de açúcares redutores nas amostras em estudo, teve por finalidade, determinar se as cultivares apresentavam leve deterioração no transporte e armazenamento, bem como indicar a presença de glicosídeos que poderiam contribuir para discriminar as cultivares. Os açúcares redutores, açúcares solúveis em glicose, apresentaram valores baixos, com diferença significativa entre si conforme ilustra a Tabela 12.

Tabela 12 Teor de açúcares redutores em glicose das dez cultivares de mandioca (BPS).

Cultivar	Açúcar redutor(%) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	0,04 ^{c,d,e} ± 0,001
SCS 252 - Jaguaruna	0,04 ^{d,e} ± 0,002
Mandim Branca	0,04 ^{c,d,e} ± 0,009
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	0,05 ^{b,c} ± 0,003
SCS 253 Sangão	0,05 ^{a,b,} ± 0,004
STS 1311/96 - 1	0,05 ^{b,c,d} ± 0,005
STS 1302/96 - 4	0,06 ^a ± 0,001
Preta	0,03 ^e ± 0,004
STS 1309/96 - 7	0,04 ^{b,c,d} ± 0,007
STS 2/03 - 7	0,04 ^{c,d,e} ± 0,004

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão. BPS – Base Peso Seco.

Adicionalmente às características para estudos das diferenças entre cultivares, a determinação de açúcares redutores pode contribuir para a previsão das alterações tanto da matéria prima no processamento térmico, quanto dos seus derivados, na geração de compostos escuros, na secagem de farinhas de mandioca, por exemplo, devido à reação Maillard, reação de escurecimento na presença de açúcares redutores e aminoácidos (FENNEMA, 2000).

5.7 Valor calórico

O valor calórico das cultivares estudadas no presente trabalho está apresentada na Tabela 13. A cultivar STS 1302/96 3 – Vermelhinha, foi a que apresentou o maior valor energético. Contudo, todas as cultivares apresentaram valores calóricos menores do que 400 kcal/100g. Isto está de acordo com a maioria das referências, que consideram este produto uma excelente fonte de energia, em função do elevado teor de carboidratos (SOUZA, 2008).

As cultivares STS1309/96 – 7 e a STS 1302/96 – 3 Vermelhinha, foram as raízes que diferiram estatisticamente entre si, pois apresentaram valores referentes a caloria de 337,60 e 358,00 kcal/100g, respectivamente.

Em relação ao valor calórico, Souza e Menezes (2004), observaram que a farinha de mandioca apresentou 324,56kcal/100g, estando também de acordo, com o trabalho de Franco (1992).

Tabela 13 Valor calórico das dez cultivares de mandioca.

Cultivar	Valor calórico (kcal/100g) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	346,16 ^{a,b} ± 5,23
SCS 252 - Jaguaruna	355,37 ^{a,b} ± 10,81
Mandim Branca	344,55 ^{a,b} ± 5,33
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	358,00 ^a ± 12,42
SCS 253 Sangão	339,63 ^{a,b} ± 6,71
STS 1311/96 - 1	343,36 ^{a,b} ± 6,87
STS 1302/96 - 4	347,56 ^{a,b} ± 11,09
Preta	345,67 ^{a,b} ± 10,16
STS 1309/96 - 7	337,60 ^b ± 14,67
STS 2/03 - 7	344,47 ^{a,b} ± 6,26

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

Este elevado valor energético e as propriedades reológicas da mandioca cozida, como um alimento macio e nutritivo, fazem com que a mesma seja conhecida como “pão dos pobres”, por estar presente na mesa das populações mais carentes do planeta, mais de 500 milhões de pessoas têm no amido de mandioca sua principal fonte de carboidratos (VILPOUX, CEREDA, 2003).

Os valores são referentes as amostras das cultivares desidratadas. No entanto, quando se observa o teor de matéria seca entre as cultivares Mandim Branca e SCS 253 Sangão no processamento *in natura*, para a produção de derivados da raiz, pode compensar estas diferenças, devido ao baixo conteúdo de umidade destas matérias primas.

5.8 Teor de Cianeto

O teor de cianeto encontrado nas dez cultivares de mandioca apresentou valores estatisticamente diferentes (Tabela 14). A cultivar SCS 252 – Jaguaruna apresentou um teor de cianeto de 448,86 ppm, o que difere das demais, pois as outras cultivares apresentaram valores médios entre 200 e 100 ppm de ácido cianídrico, aproximadamente, esta cultivar provém de solo de baixa fertilidade.

Oliveira et al. (2007) obtiveram as respostas quanto aos compostos cianogênicos de variedades cultivadas em solo de maior e menor fertilidade, colhidas aos 12 meses. As cultivares apresentaram os menores teores de compostos cianogênicos, 32,3 a 52,8 ppm, para os solos mais férteis, enquanto no solo de menor fertilidade, a variação dos teores desses compostos foi de 75,0 e 175,7 ppm. Todas as variedades

cultivadas, no solo de maior fertilidade apresentaram teores de cianeto no limite desejável para consumo fresco (abaixo de 100 ppm de polpa crua), porém para aquelas de solo de baixa fertilidade, em três variedades foram observados teores acima desse limite, especialmente a variedade Casca Roxa (175,7 ppm), que diferiu estatisticamente das demais.

Tabela 14 Teor de cianeto das dez cultivares de mandioca.

Cultivar	Cianeto (mg/kg) ± DP
STS 2/03-10 (raiz branca)	130,64 ^{b,c} ± 17,43
SCS 252 - Jaguaruna	448,86 ^a ± 48,92
Mandim Branca	152,87 ^{b,c} ± 56,23
STS 1302/96 3 - Vermelhinha	160,73 ^{b,c} ± 24,77
SCS 253 Sangão	201,63 ^b ± 14,24
STS 1311/96 - 1	161,90 ^{b,c} ± 4,95
STS 1302/96 - 4	129,55 ^{b,c} ± 20,86
Preta	102,75 ^c ± 2,76
STS 1309/96 - 7	117,57 ^c ± 14,65
STS 2/03 - 7	112,31 ^c ± 8,26

Médias com letras diferentes entre linhas diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DP – Desvio Padrão.

O grupo de variedades de mandioca mansa caracteriza-se, principalmente, por apresentar teores de cianeto abaixo de 100 mg/kg de polpa nas raízes frescas (BOLHUIS, 1954). Esses componentes variam substancialmente em razão da variedade e, em menor escala, das condições de cultivo, época de colheita e condições ambientais (SANTAMARIA HERNANDEZ; CONTRERAS GUILLEN, 1984; FUKUDA et al., 1988; BORGES; FUKUDA, 1989; FUKUDA; BORGES, 1990; BORGES et al., 1993). As variedades com concentrações de cianeto na raiz fresca acima de 100 mg/kg são denominadas bravas ou venenosas (BOLHUIS, 1954), ou seja, impróprias para consumo fresco, sendo, portanto, indicadas para a indústria, onde a toxicidade da raiz é reduzida durante o processamento.

Todos os valores das dez cultivares de raiz de mandioca estão enquadradas no grupo de mandioca bravas, sendo então mais indicadas para o processamento industrial.

Vários fatores interferem na melhor compreensão dos dados da literatura sobre esse assunto. De um lado, a falta de padronização quanto à determinação da concentração do HCN (amostragem e métodos de análise, principalmente) e as variações em função da parte da planta

analisada e do ambiente onde foi cultivada. De outro, as dificuldades de avaliar o HCN residual nos inúmeros derivados da mandioca e de determinar a extensão de sua ação direta ou indireta pelos organismos que ingerem essa substância (LORENZI et al., 1993).

CONCLUSÃO

A viabilidade para o uso de determinadas cultivares de mandioca para fins industriais, depende de uma associação de características físico químicas, reológicas e físicas das matérias primas.

Cultivares susceptíveis à fitopatologias, para a região de cultivo, em estudo neste trabalho, deverão ser desconsideradas para fins comerciais, sendo elas: STS 2/03-10, Mandim Branca, SCS 253 Sangão e Preta.

Cultivares com menores tempos de cozimento podem ser indicadas para processos industriais com pré gelatinização da matéria prima. No entanto, o uso do texturômetro para a determinação da dureza das raízes cozidas, colabora significativamente para a decisão sobre as cultivares mais macias para processos industriais envolvendo o tratamento térmico da matéria prima.

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) colabora na definição das causas das diferenças do tempo de cozimento e dureza das raízes em estudo. Cultivares contendo maior envolvimento com tecido parenquimatoso, pectina e material celulósico tendem a ser menos macias, tanto cruas quanto cozidas.

A cultivar Mandim Branca e STS 1302/96-3 Vermelhinha, destacam-se pelo maior rendimento em amido. No entanto, a Mandim Branca é susceptível à fitopatologias, enquanto a segunda além de não apresentar este problema, possui elevado teor de matéria seca, o que poderia classificá-la como comercialmente interessante, pela balança hidrostática.

O processo de extração de amido, a partir das cultivares Mandim Branca e STS 1302/96-3 Vermelhinha, resulta em menor geração de resíduos sólido por tonelada de raiz processada e amido obtido.

As cultivares STS 1302/96-4 e STS 1302/96-3 Vermelhinha apresentaram o menor consumo de água no processo de extração do amido de mandioca. Porém, STS 1302/96-3 Vermelhinha apresenta além do menor consumo de água, também a menor geração de resíduos sólidos no processamento.

Cinco dentre as cultivares estudadas, apresentaram facilidade na operação de descasque (remoção do felema): STS 1311/96-1, STS 1302/96-4, STS 1309/96-7, SCS 252 Jaguaruna e STS 1302/96-3 Vermelhinha, sendo as primeiras, com baixo rendimento em amido, a última associa mais esta vantagem para o processo industrial.

A investigação de cultivares de fácil cozimento tem aplicação para prever os cultivares para a produção de álcool, uma vez que a hidrólise enzimática é requerida e cultivares mais macias tendem a ser mais susceptíveis ao processo de hidrólise. A Mandim Branca, apesar das fitopatologias, foi uma das mais macias, com elevado teor de amido, em base peso úmido.

As cultivares estudadas se apresentaram ricas em minerais e em fibras comparativamente a outros estudos, o que pode ser indicativo do baixo tempo de cultivo.

O teor de fibras totais, em base peso seco, indica as cultivares para a produção de farinha de mandioca com alto teor de fibras.

Existe uma relação inversa entre o teor matéria seca nas matérias primas, com o volume de resíduos sólidos produzidos na extração do amido de mandioca.

A diferença entre os solos de cultivo não é fator de decisão quanto à textura das raízes, porém, quanto ao cianeto, o tipo de solo pode ter interferido.

A seleção de cultivares e considerações sobre tempo de cultivo podem contribuir para a previsão do desempenho dos processos industriais utilizando a mandioca como matéria prima, quanto aos produtos desejados, geração de resíduos e consumo de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM - Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Produção de fécula no Brasil em 2007**. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso em 28 de agosto de 2009.

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, 1993.

ALVES, R. A., VEDOVOTO, G. L. A indústria do amido de mandioca. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília, DF. 201 p., 2003.

AMANTE, E. R. **Proposições metodológicas para a minimização e valorização de resíduos de fecularias e das indústrias processadoras de aves, suínos e pescados do Estado de Santa Catarina**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. 178 p., 1997.

AMARAL, L. do, JAIGOBIND, A. G. A., JAISINGH, S. Dossiê Técnico. Processamento da mandioca. **Instituto de Tecnologia do Paraná. Serviço Brasileiro de Pesposta Técnica – SBRT**, 2007. Disponível em: www.sbrt.ibict.br. Acesso em: 10 outubro 2009.

ARCHANGELO, E. R., COIMBRA, R. R., JUCÁ, J. V., KOSY, L. N., FERNANDES, C. S., ALMEIDA, I. W., SILVA FILHO, V. R. Caracterização Morfológica de acessos de Mandioca nas condições Edafoclimáticas de Palmas-TO. **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu: CERAT/UNESP, v.3, p. 539 – 548, 2007.

ARYEE, F. N. A.; ODURO, I.; ELLIS, W. O.; AFUAKWA, J. J. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **Food Control**, v. 17, p. 916-922., 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods as Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11. ed. Washington, 1015 p., 1970.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods as Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. v. 39. p. 21, 1995.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**, v.160, p.59-74. 2008.

BJÖRCK, I., GRANFELDT, Y., LILJEBERG, H., TOVAR, J., NG, A. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, p. 699 - 705, 1994.

BOBBIO, P. A., BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 156p., 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p.368-369, 2005.

BUITRAGO, A. La yuca en la alimentacion animal. **CIAT - Centro International de Agricultura Tropical – Colômbia**, 1990.

BUTARELO, S. S.; BELEIA, A.; FONSECA, I. C. B. e ITO, K. C. Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.24, n.3, p. 311-315., 2004.

CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.2, p.202-207, 2005

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. Glicosídeos Cianogênicos da Mandioca: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. In: CEREDA, M. P. (Coord.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo: **Fundação Cargill**, 2002.

- CAMARGO, M. T. L. A. Estudo Etnobotânico da Mandioca (*Manihot esculenta* Grantz - Euphorbiaceae), na Diáspora Africana. Seminário: Antropologia da Alimentação. **Fundação Gilberto Freire**. 2003.
- 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 de alimentos**. Campinas ITAL, p.12-16., 1989.
- CARTAY, R. Difusión y comercio de la yuca (*Manihot Esculenta*) en Venezuela y en el mundo. **Agroalimentaria**, v. 9, n.18, p.13-22, 2004.
- CARVALHO, P.C.L.; FUKUDA, W.M.G.; CRUZ, P.J.; COSTA, J.A. Avaliação agrônômica e tecnológica de cultivares de mandioca para consumo "in natura" **Revista Brasileira da Mandioca**. v. 14, n. 1/2, p. 7-15, 1995.
- CARVALHO, P.R.N.; MEZETTE, T.F.; VALLE T.L.; CARVALHO, C.R.L.; FELTRAN, J.C. Avaliação da exatidão, precisão e robustez do método de análise do teor de matéria seca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) por meio da determinação do peso específico (balança hidrostática). **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**.: Botucatu, v. 3, p. 49 – 55, 2007.
- CASCUDO, L. C. **Dicionário do folclore brasileiro**. Rio de Janeiro, Ministério da Educação e Cultura / Instituto Nacional do Livro, 1954.
- CIAT- Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Armazenamento de raízes fresca de yuca**: guia de estúdio. Cali, Colômbia, 1983.
- CEBALLOS, H. La Yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un cultivo Milenario. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción Procesamiento, Utilización y Comercialización. B. C. Ospina, Hernan, **CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical**. Cali, Colombia, 2002.
- CENI, G. C., COLET, R., PERUZZOLO, M., WITSCHINSKI, F., TOMICKI, L., BARRIQUELLO, A. L. e VALDUGA, E. Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* crantz). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n 1, p. 107 – 111, 2009.

CEREDA, M. P. **Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil.** São Paulo: Paulicéia, 1994.

CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S.; WOSIACKI, G.; ABBUD, N.S.A mandioca (*Manihot esculenta*, C.) cultivar IAPAR-19 Pioneira 3- Características culinárias. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 33, n. 3, p. 511-525, 1990.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, Marney Pascoli (Coord). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargil, (Série Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas, v. 4, p 13-37, 2001.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. Fabricação do amido e sua utilização. São Paulo: **Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia**, 152 p., 1982.

CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 382 p., 1987.

COPPE, Z.; PAVLISKO, A.; VECCHI, S. Texture measurements in fish and fish products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**. v. 11, n. 1, p. 89-105, 2002.

CORRÊA, H. **Produção e composição de raízes e ramos de mandioca em diversas épocas de colheita e o efeito da poda na produção das raízes**. Viçosa: Dissertação – Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 1972.

COSTA, M. G. S. & JORGE, J.T. **Parâmetros para elaboração de mandioca pronta para consumo armazenada sob refrigeração**. Tese. Faculdade de Engenharia Agrícola. UNICAMP. Campinas. 2005.

COUTINHO, A. P. C., CABELLO, C. Caracterização reológica da fécula de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais – Botucatu, SP** – v.1, p. 40 - 48, 2005.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOS JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n 4, p. 861-864, 2006.

CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York, Columbia Univ. Press. 1262 p., 1981.

DALLAQUA, M. A. P., CORAL, D. J. **Morfo-Anatomia. Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, série: culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 2, p. 95 – 104, 2002.

DENARDIN, C. C. e SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n 3, p. 1 – 10, 2009.

DOBRAZCZYK B. J., MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process, **Journal of Cereal Science** v. 38, p. 229–245, 2003.

DOMÍNGUEZ, C. E., CEBALLOS, L. F. FUENTES, C. Morfología de la planta de yuca. En: Yuca: investigación, producción y utilización. **Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)**, Cali, Colombia. p. 29 – 49, 1983.

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, p. 259-273, 1994.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 412 p.,1999.

FAO/ LATINFOODS – **Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion / Oficina Regional para América Latina Y el Caribe**. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina. 2009.

FARIAS, A.R.N.; BELLOTTI, A.C. Pragas e seu controle. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P. de; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cap. 20, p. 591-671, 2006.

FENNEMA, O. R. (Dir.) **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba- SP. 83 p., 2004.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J., GERMANI, R. e OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.28, suppl., p. 56-65, 2008.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.5, n 1, p. 25-31, 2003.

FIALHO, J. F., VIEIRA, E. A., SILVA, M. S, LACERDA, J. N. C., PAULA, G. F., OLIVEIRA, L., COSTA, M. S., DUTRA, N. J. Influência da época de colheita na produtividade e no tempo de cocção de raízes de variedades de Mandioca de mesa no município de Gama – DF. **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu: CERAT/UNESP, v. 3, p. 35 – 41, 2007.

FAVARO, S. P. **Composição química e estrutura de paredes celulares de variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com tempos de cocção diferentes**. Londrina, 2003. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina. 132p., 2003.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 230p., 1992.

FUKUDA, C. Doenças da mandioca. In: Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (Cruz das Almas, BA). **Instruções práticas para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMP, p.53-56., 1993.

FUKUDA, C., OTSUBO, A. A., **Sistemas de Produção**, 7 ISSN 1678-8796 Versão eletrônica. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003, acessado em 21 de agosto de 2009.

FURTADO, J. L. B.; BEZERRA, C. W. B.; MARQUES, E. P. e MARQUES, A. L. B. Cianeto em tiquiras: riscos e metodologia analítica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.27, n.4, pp. 694-700, 2007.

FURLEY, P. A. e RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography** v. 1, p. 97-108, 1988.

GALLIARD, T., BOWLER, P. Morphology and composition os starch. In: GALLIARD, T. (Ed.) **Starch: properties and potential**. Society of Chemical Industry/John Wiley & Sons (Critical reports on applied chemistry, 13). p.55-78., 1989.

GOEDERT, W. J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo/Brasília, **Nobel/Embrapa Cerrados**. 442 p., 1987.

GRIZOTTO, R.K.; MENEZES, H.C. Avaliação da aceitação de “Chips de Mandioca”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.23 (Suplemento), p.79-86, 2003.

HENRY, G., GOTTRET, V., **Client-led agro-industrial action development: The case of cassava starch in Cauca Valley**, Colombia. AFSR&E Symposium, Pretoria: South África, p. 1 - 12, 1998.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, v 1, p. 49- 54, 1985.

JORGE, J. R. V., ZEOULA, L. M., PRADO, I. N. Substituição do milho pela farinha de varredura (*Manihot esculenta*, Crantz) na ração de bezerros holandeses. Digestibilidade e valor energético. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.31, n.1, p.205-212, 2002.

JUSTE JUNIOR, E. S. G.; CARVALHO, V. D. de; VILELA, E. R.; CLEMENTE, P. R.; CORRÊA, H.; MORAES, A. R. Comparação entre o método físico da balança hidrostática e métodos químicos na determinação do amido em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18. n. 1, p. 55-57, 1983.

LABA, D. **Rheological Properties of Cosmetics end Toiletries**. New York: Marcel Dekker, p. 09-33, 1993.

LANNES, S. C. S. **Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates**. São Paulo, 1997. 175p. Tese de Doutorado – Faculdades de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo. 175p, 1997.

LEBOURG, C. Brasamide et la féculé: une historie de amour. Botucatu: **Centro de Raízes Tropicais**, UNESP, 59p, 1996.

LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, v.53, n.2, p.237-245, 1994.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. 1ª ed. Campinas, CATI, (Boletim Técnico, 245).116p, 2003.

LEONARDI, G. R.; MAIA CAMPOS, P. M. B. G.. Estabilidade de formulações cosméticas. **International Journal of Pharmaceutical Compounding**. v. 3, n. 4, p.154-156, 2001.

LEONEL, M.; JACKEY, S. e CEREDA, M.P.. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18, n. 3, p. 343-345, 1998.

LEONEL, M. Desenvolvimento de produtos funcionais á base de mandioca. **CERAT/UNESP**, Botucatu-SP. v. 8, p.29 – 38, 2009.

LEONEL, M., CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 445 – 453, 2002.

LEÓN, J. Botánica de los cultivos tropicales. San José: **Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura**, 445 p., 1987.

LEWIS, M. J. Propriedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza: **Acribia**, 494p, 1997.

LINARES, A. R.; VERGARA, M. L.; HASE, S. L. Efecto de la Cocción sobre los Parámetros Texturales de dos Variedades de Mandioca. **Infórmatico tecnológico: La Serena**, v. 16, n. 5, 2005.

LOZANO, J.C. Outbreaks of cassava diseases and losses induced. **Fitopatologia Brasileira** 14:7-11. 1989.

MARAVALHAS, N. Carotenóides de *Manihot esculenta* Crantz. In: CINCO estudos sobre farinha de mandioca. Manaus, **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, p.35-38, 1964.

MARCON, M. J. A.; VIEIRA, M. A.; SANTOS, K.; DE SIMAS, K. N.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R.. The effect of fermentation on cassava starch microstructure. **Journal of Food Process Engineering** 29, 362 – 372. 2006.

MARQUES, J. A., MAGGIONI, D. Utilização de subprodutos da mandioca na alimentação de ruminantes. **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu: CERAT/UNESP, v. 8, p. 87 – 99, 2009.

MARQUES, T. C., CARDOSO, M. G., SALVADOR, S. C., SALGADO, A. P. S. P., GAVILANES, M. L., BERTOLUCCI, S. K. V. Plantas tóxicas para bovinos na região de Minas Gerais e Goiás. **Boletim Técnico Ano XII** - Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG, n 130, 2006.

MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS. A model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p. 16 – 24, 1994.

MEZETTE, T. F., CARVALHO, C. R. L., FELTRAN, J. C., GALERA, J. M. S. V., VALLE, T. L. Produtividade e tempo de cocção de clones de mandioca de mesa em processo de seleção. **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu: CERAT/UNESP, v. 3, p. 67 – 73, 2007.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**. Ed. Varela. São Paulo, 2000.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analitical Chemistry**., v. 31, p. 426-428, 1959.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal material: structure, physical characteristics and mechanical proprieties**. 2. ed. New York: Gordon and Breach, v. 1, 534 p., 1986.

MONTALDO, A. La yuca o mandioca. Cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. – 1ª. Ed.- San José, Costa Rica: **Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura**, 1985.

NG A.; HARVEY A. J.; PARKER M. L.; SMITH A. C.; WALDRON, K. W. Effect of oxidative coupling on the thermal stability of texture and cell wall chemistry of beet root (*Beta vulgaris*). **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 46, p. 3365–3370 , 2002.

OKE, O.L. The role of hidrocyanic acid in Nutrition. **World Review of Nutrition and Dietetics**, v.11, p.170-198. 1969.

OLIVEIRA, M. A., LEONEL, M., CABELLO, C., CEREDA, M. P., JANES, D. A. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. **Ciência e agrotecnologia**. v. 29, n. 1, p. 126-133., 2005.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R. e MONTEIRO, A. R.. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência Tecnologia Alimentos**. v.28, n.3, p. 592-598, 2008.

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

PADONOU, W; MESTRES, C.; NAGO, M.C. The quality of boiled cassava roots: instrumental and relationship with physicochemical properties and sensorial properties. **Food Chemistry**, v.89, p.261-270, 2005.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo para cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas**, v. 47, n. 1, p. 27-32, 1985.

PEREIRA. L. T. P., BELÉIA., A. P. Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, 1: p 59-63, 2004

PONCE, M. J. S. G. **Determinação cinética de cianeto livre pelo monitoramento espectrofotométrico da reação de o-dinitrobenzeno com p-nitrobenzaldeído**. Tese (Doutor em Ciências), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). 109p, 2004.

Prefeitura Municipal de Urussanga – SC, disponível em: <http://www.urussanga.sc.gov.br>, acessado em 06 de agosto de 2009.

RAUPP, D. S. Composição e propriedades fisiológico - nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 19, n. 2, p. 205-210, 1999.

RAO, M.A., RIZVI, S.S.H., DATTA, A.K. **Engineering Properties of Foods**. 3.ed. London: Taylor e Francis Group, 2005.

REATTO, A.; CORREIA, J. R. e SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. *In*: Sano, S.M & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados, p. 47-86, 1998.

SAFO-KANTANKA, O.; OWUSU-NIPAH, J. Cassava varietal screening for cooking quality: relationship between dry matter, starch content, mealiness and certain microscopic observations of the raw and cooked tuber. **Journal Science Food Agricultural**, v. 60, p. 99-104, 1992.

SARMENTO, S.B.S. **Caracterização da fécula de mandioca (*Manihot esculenta* C.) no período de colheita de cultivares de uso industrial.** Tese de doutorado (Doutor em Ciências) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP). 162p., 1997.

SILVA, J. R. da; VEGRO, C. L. R.; ASSUMPCÃO, R. de; PONTARELLI, C. T. G. A agroindústria de farinha de mandioca nos estados de São Paulo e do Paraná. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 69-83, 1996.

SMEWING, J. **Hidrocoloides. Textura de los alimentos.** Zaragoza: Ed. Acribia, p. 273-290, 2001.

SOUZA, M. L. e MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**.v. 24, n.1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, L. S., FARIAS., R. N. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas – BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 817 p., 2006.

SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; WANLAPATIT, S.; OATES, C. G. Cassava starch technology: the thai experience. **Starch/Stärke**, v. 52, p. 439-449, 2000.

STOLLE-SMTIS, T., BEEKHUIZEN, J. G., RECOURT, K, VORAGEN, A. G. J., DIJK, C. van. Changes in pectic and hemicellulosic polymers of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during industrial processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.12, p.4790-4799, 1997.

STROSHINE, R. Physical properties of agricultural materials and food products. West Lafayette: Purdue University. **Department of Agricultural and Biological Engineering**. 152 p., 1999.

TAPARELLI, J. R. **Modificação química do amido de mandioca e estudo de sua aplicação em revestimento couché.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas - Campinas, SP, 2005.

THRO, A. M., ROCA, W. M., HENRY, G., The cassava biotechnology network and biotechnologies for improving the processing of quality of cassava. In: D. DUFOUR, C.M. O'BRIEN e BEST, R. (eds.). **Cassava flour and starch: Progress in research and development**. Cali, Colombia: CIAT, p. 423 – 431, 1996.

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of Food Process Engineering**. New York: Chapman & hall, p. 602, 1991.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. da e GONCALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Science agricultural**. Piracicaba, v.59, n. 4, p. 795-801, 2002.

VASQUES, C. T. **Reologia do suco de goiaba: efeito da diluição e do tamanho de partícula**. Dissertação - (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 66p, 2003.

VELASQUEZ, H. J. C., AVILA, S. L. e PIEDRAHITA, H. S. C. Rheological characterization of the cassava root (*Manihot esculenta* Crantz) part one: response to unidirectional compression. **Dyna revista de la facultad de Minas** – Universidad Nacional de Colombia, v. 74, n. 151, p. 25-36, 2003.

VETTER, J. Plant cyanogenic glicosides. **Toxicon**, v. 38, n. 1, p.11-36. 2000.

VIANA, A. E. S., SEDIYAMA, T., LOPES, S. C., CECON, P. R., SILVA, A. A. Avaliação de Métodos de Preparo de Manivas de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. Edição Especial, p.1383-1390, 2002.

VILPOUX, O. F. Competitividade da Mandioca no Brasil, como matéria-prima para Amido. **Informações Econômicas**, SP. v. 38, n. 11, p. 221 – 225, 2008.

VILPOUX, O. F., CEREDA, M. P. Processamento de raízes e tubérculos para uso culinário minimamente processadas, pré-cozidas, congeladas e fritas (french-fries). In: CEREDA, M. P., VILPOUX, O. F. (Coord.). Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo: **Fundação Cargill** - Série culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v 3. p. 81-131, 2003.

VU, T. S, SMOUT, C. SILA, D. N, LYNGUYEN, B., VAN LOEY, A. M. L, HENDRICKX, M. E. G. Effect of Preheating on Thermal Degradation Kinetics of Carrot Texture, **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 5, p. 37-44, 2004.

WALDRON, K. W., SMITH, A. C., PARR, A. J., NG, A., PARKER, M. L. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. **Trends in Food Science & Technology**, v. 25, n.1, p. 213-221, 1997.

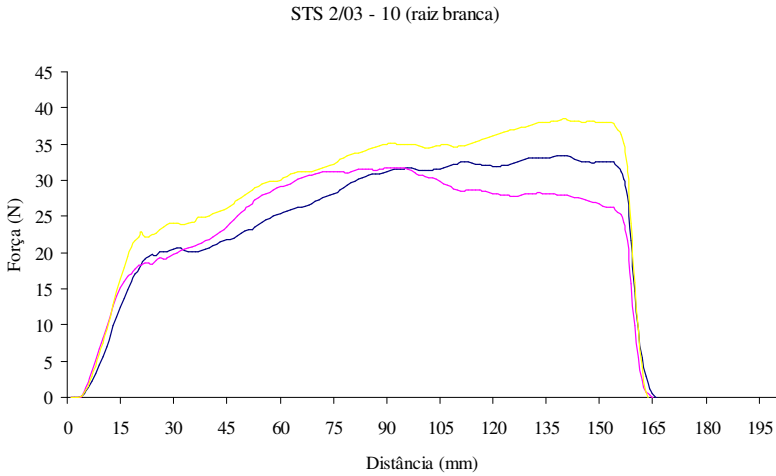
WHISTLER, R. L., DANIEL, J. R. Carbohidratos. In: FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. Zaragoza: **Acribia**, p.81-156, 1993

WHOLEY, D. W.; BOOTH, R. H. A comparison of simple methods for estimating starch content of cassava roots. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 158-164, 1979.

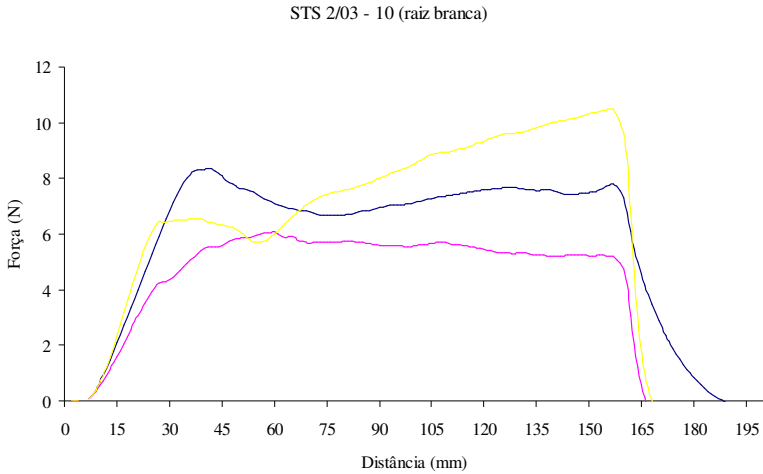
ZAMBON, J. C., BORGES, J. T. S., PIROZI, M. R., MORAES, A. R. F., OLIVEIRA, T. M., DINIZ, I. P. Aspectos toxicológicos de derivados de mandioca. **RAT - Revista Raízes e Amidos Tropicais/Universidade Estadual Paulista, Centro de Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu: CERAT/UNESP. v. 3, p. 433 – 442, 2007.

ZEOULA, L. M.; MARTINS, A. S.; ALCALDE, C. R. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia** . v. 28, n. 5, p. 905-912, 1999.

ZOBEL, H. F. Starch gelatinization. **Starch/Stärke**. p. 40-41, 1988

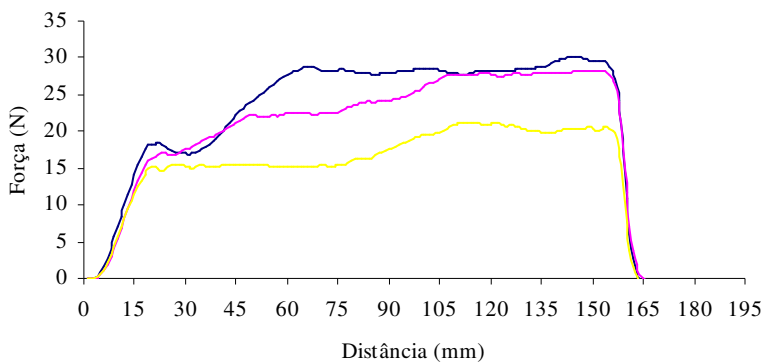


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca).



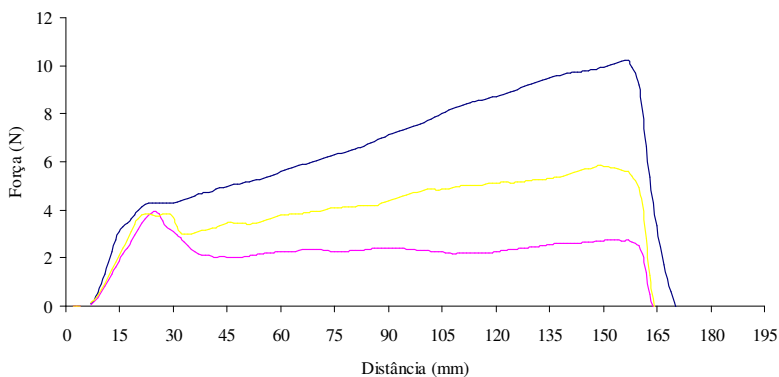
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 2/03 – 10 (raiz branca).

SCS 252 - Jaguaruna

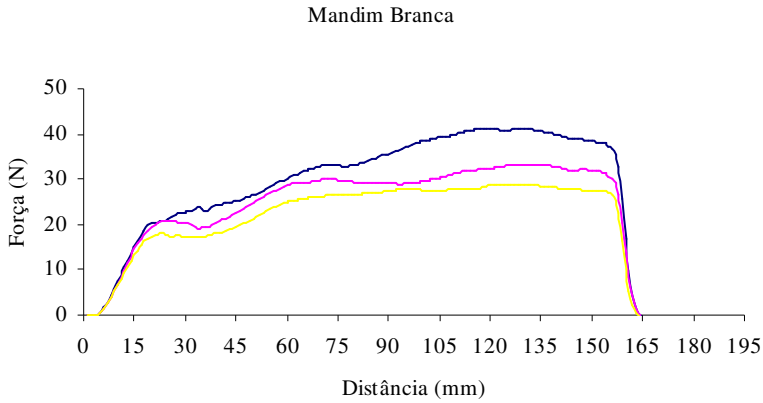


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar SCS 252 - Jaguaruna.

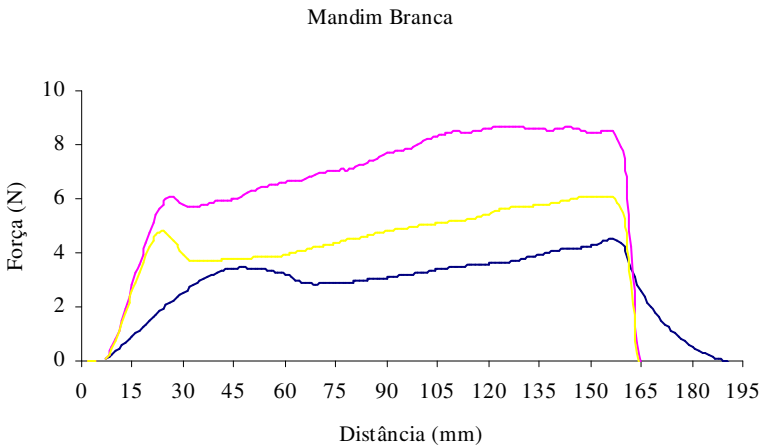
SCS 252 - Jaguaruna



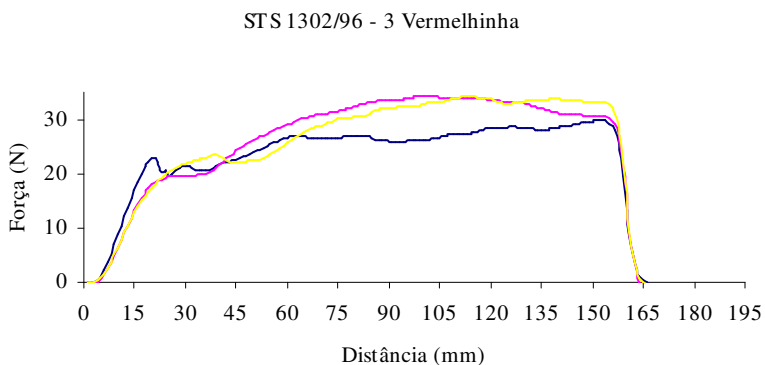
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar SCS 252 - Jaguaruna.



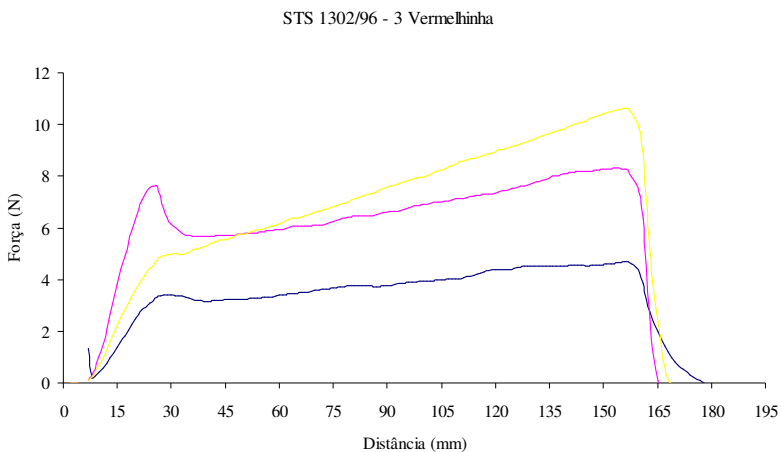
Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar Mandim Branca.



Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar Mandim Branca.

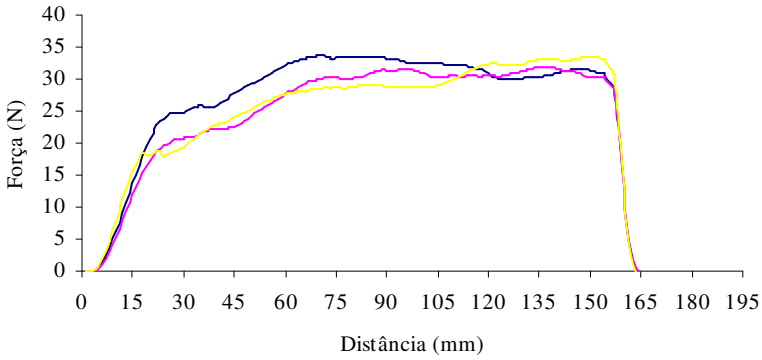


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 1302/96 – 3 Vermelhinha.



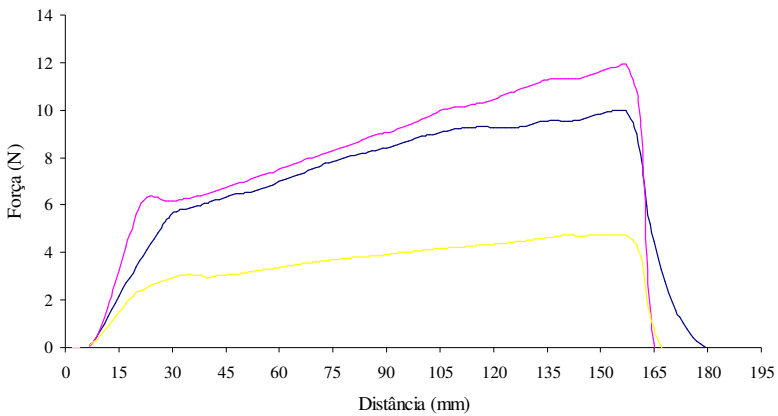
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 1302/96 – 3 Vermelhinha.

SCS 253 - Sangão

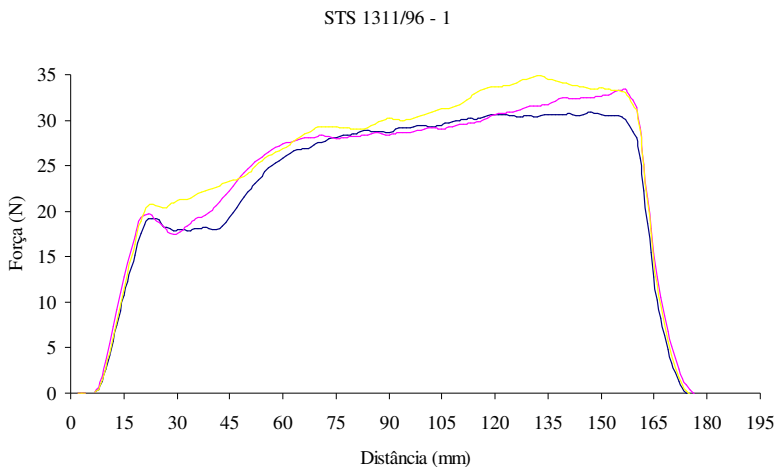


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar SCS 253 - Sangão.

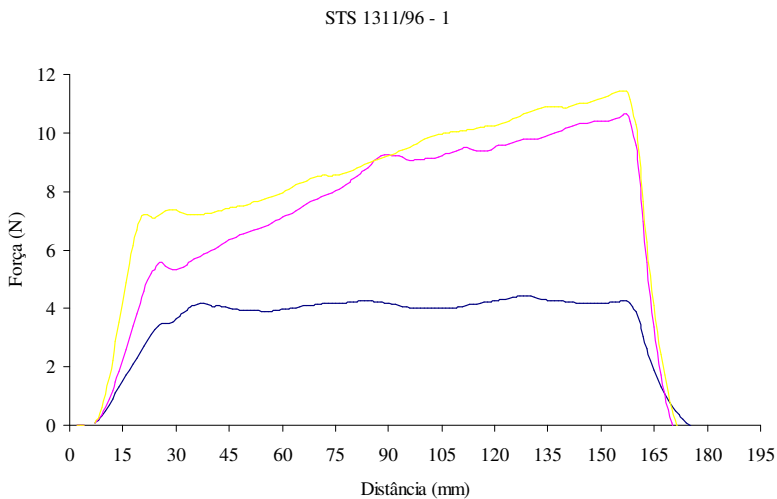
SCS 253 - Sangão



Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar SCS 253 - Sangão.

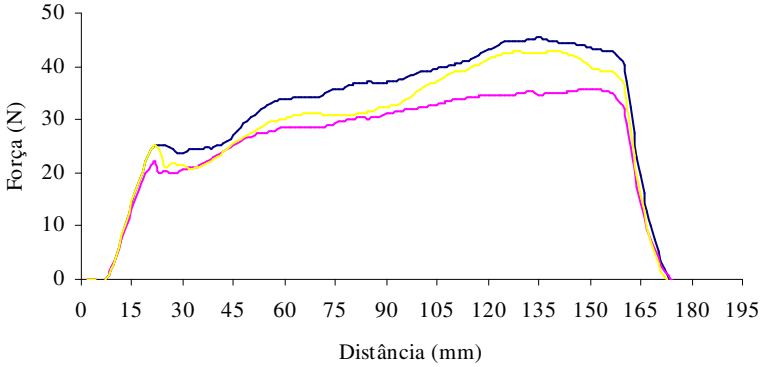


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 1311/96 - 1.



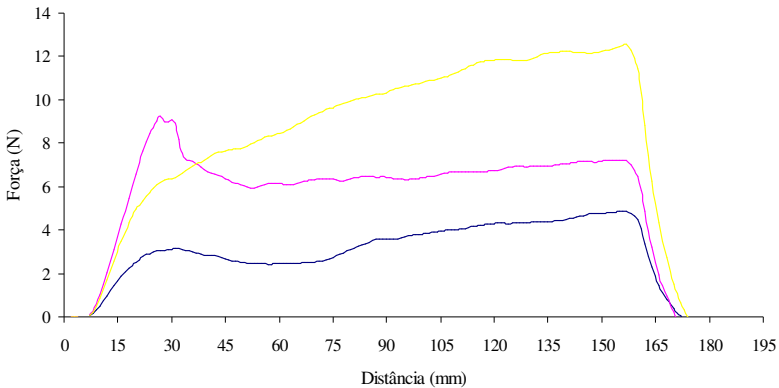
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 1311/96 - 1.

STS 1302/96 - 4

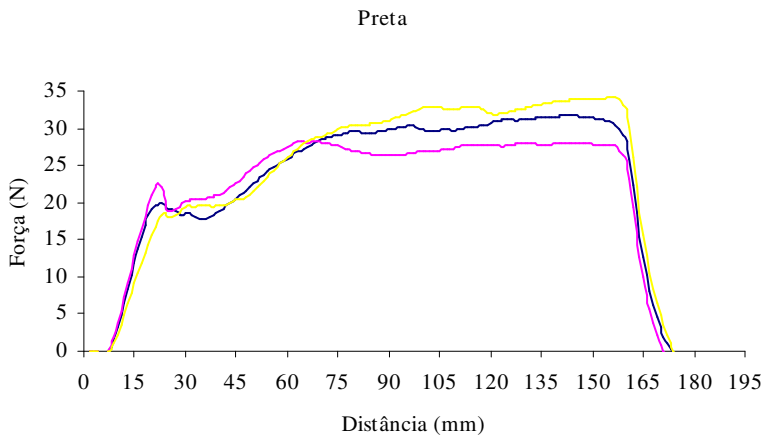


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 1302/96 - 4.

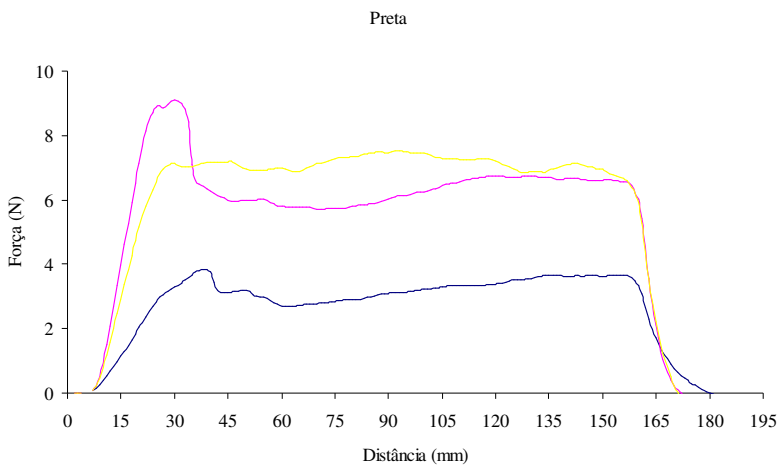
STS 1302/96 - 4



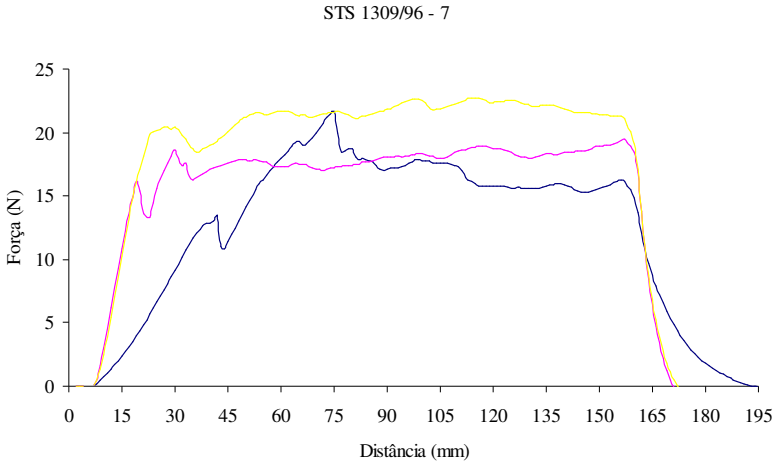
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 1302/96 - 4.



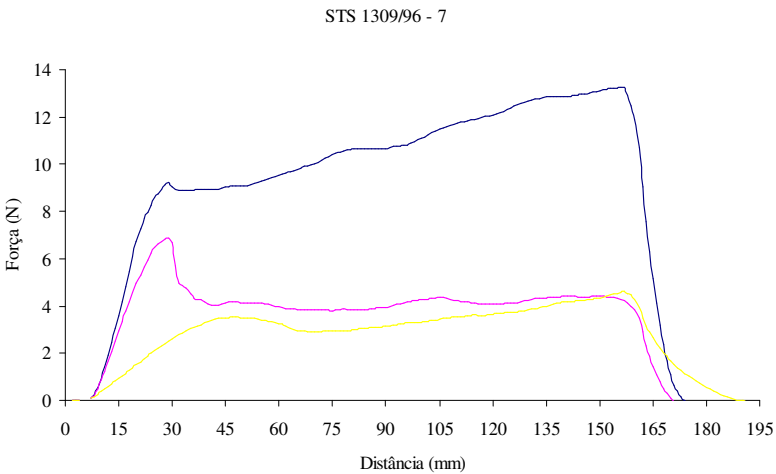
Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar Preta.



Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar Preta.

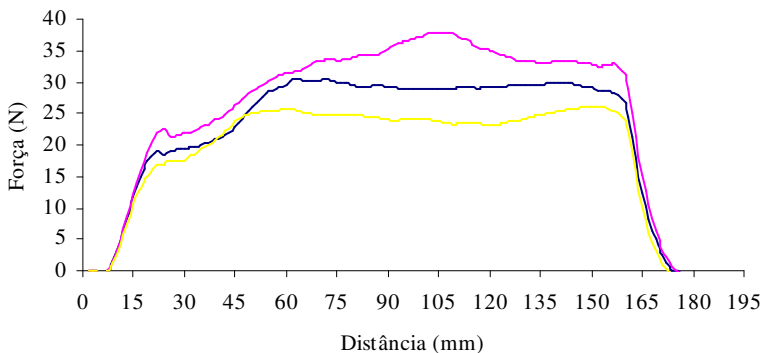


Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 1309/96 - 7.



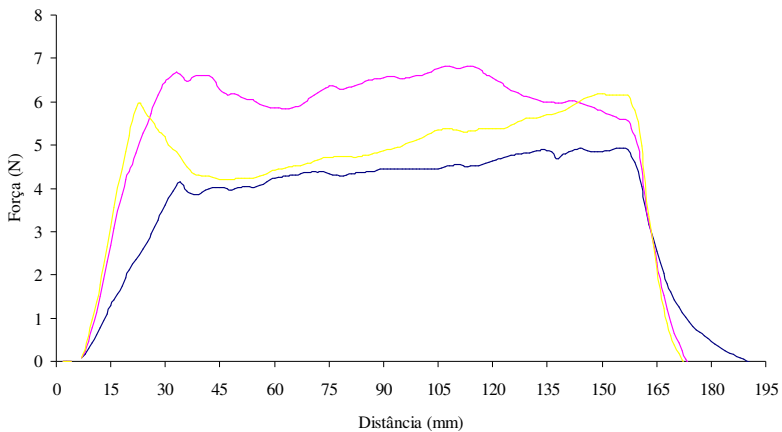
Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 1309/96 - 7.

STS 2/03 - 7



Médias dos ensaios de textura de raízes cruas da cultivar STS 2/03 - 7.

STS 2/03 - 7



Médias dos ensaios de textura de raízes cozidas da cultivar STS 2/03 - 7.