



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**NUTRIENTES E ANTINUTRIENTES DA
FARINHA DE FOLHAS DE MANDIOCA
(*Manihot esculenta* Crantz) EM TRÊS IDADES
DA PLANTA**

CARMEN WOBETO

2003



55601

MF0047381

CARMEN WOBETO

**NUTRIENTES E ANTINUTRIENTES DA FARINHA DE FOLHAS DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EM TRÊS IDADE DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em Agroquímica e
Agrobioquímica, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Wobeto, Carmen

**Nutrientes e antinutrientes da farinha de folhas de mandioca (*Manihot
esculenta* Crantz) em três idade da planta / Carmen Wobeto. – Lavras : UFLA,
2003.**

82 p. : il.

Orientadora: Angelita Duarte Corrêa

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Idade da planta. 2. Folhas de mandioca. 3. Farinha. 4. Nutrientes. 5.
Antinutrientes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

**CDD-641.63682
-664.72272**

CARMEN WOBETO

**NUTRIENTES E ANTINUTRIENTES DA FARINHA DE FOLHAS DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EM TRÊS IDADES DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em Agroquímica e
Agrobioquímica, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2003

Profa. Dra. Lieselotte Jokl

UFMG

Prof. Dr. Luciano Vilela Paiva

UFLA


Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

À minha mãe, cujos ensinamentos e exemplo norteiam meus passos, pelo incentivo, apoio e amor.

Aos meus irmãos, Haidi, Márcia, Eliane e Elton, que acreditaram que eu venceria mais esta etapa.

Ao Aurélio, por caminhar ao meu lado, me apoiando nos obstáculos e compartilhando as conquistas.

À minha amiga Evânia, pelos momentos agradáveis e por estar sempre presente nos momentos difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Química, pela oportunidade concedida para realização do curso de Pós-Graduação e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À Profa. Angelita Duarte Corrêa, pela orientação e ensinamentos, que foram decisivos na elaboração deste trabalho, pela convivência amiga e confiança.

Aos meus co-orientadores, Profa. Celeste Maria Patto de Abreu, Prof. Custódio Donizete dos Santos, Prof. João Batista Donizetti Corrêa, pelos ensinamentos, contribuições e incentivo.

Aos Professores das disciplinas cursadas, pelos conhecimentos transmitidos, imprescindíveis em minha formação.

Ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química, pelo auxílio nas análises de minerais.

À EPAMIG, pela oportunidade de realização de testes analíticos, em especial ao técnico de laboratório Samuel pelo auxílio e atenção.

Aos alunos de iniciação científica, José Renato e Henrique, com quem compartilho este trabalho, pois a ajuda de ambos foi valiosa na realização das análises.

À Ariadne Emilia N. P. de Oliveira, Farmacêutica Bioquímica responsável pelo Laboratório de Análises Clínicas da UFLA, pelo auxílio na coleta de sangue utilizado nas análises de hemaglutinina.

Aos funcionários do Departamento de Química, em especial à Maria Aparecida (Xulita) e Miriam, pela atenção e carinho com que sempre me auxiliaram.

Às laboratoristas Tina e Sandra, pela ajuda em algumas análises, pelo carinho e atenção.

Aos colegas de Pós-Graduação, Adriana, Alexandre, Ana Carolina e Itânia, aos ex-colegas, Enio e Hernetete, pelos bons momentos, pelo carinho e pela troca de experiências.

Aos meus amigos, que foram a minha segunda família, em especial a Evânia e Cláudia, pelos momentos agradáveis, incentivo e apoio nos momentos difíceis.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que as metas deste trabalho fossem atingidas.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE SIGLAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Considerações gerais.....	4
2.2 Fatores nutricionais.....	4
2.2.1 Proteínas.....	4
2.2.2 β -caroteno.....	6
2.2.3 Vitamina C.....	7
2.2.4 Minerais.....	9
2.3 Fatores antinutricionais.....	12
2.3.1 Ácido oxálico.....	14
2.3.2 Nitrato.....	15
2.3.3 Glicosídeos cianogênicos.....	17
2.3.4 Polifenóis.....	19
2.3.5 Hemaglutinina.....	21
2.3.6 Inibidores de protease.....	22
2.3.7 Saponinas.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Coleta e preparo das amostras.....	27
3.2 Registro das variações climáticas.....	27

	Página
3.3 Análises	28
3.3.1 Umidade	28
3.3.2 Proteína bruta	28
3.3.3 β-caroteno	28
3.3.4 Vitamina C total	29
3.3.5 Cinzas	29
3.3.6 Minerais	29
3.3.7 Oxalato	29
3.3.8 Nitrato	30
3.3.9 Cianeto	30
3.3.10 Polifenóis	31
3.3.11 Hemaglutinina	31
3.3.12 Inibidor de tripsina	32
3.3.13 Saponina	32
3.4 Análises estatísticas	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÕES	58
6 PERSPECTIVAS	59
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	77

LISTA DE SIGLAS

FFM	farinha de folhas de mandioca
MAN.IAC 24-2	Mantiqueira - IAC 24-2
MF	matéria fresca
MS	matéria seca
PB	proteína bruta
TIP	três idades da planta
UTI	unidades de tripsina inibida

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 01 Teores de minerais e cinzas da FFM e recomendações diárias para o consumo humano	13
TABELA 02 Teores médios de umidade das folhas e das FFM, em TIP	35
TABELA 03 Teores médios de PB e β -caroteno das FFM, em TIP	35
TABELA 04 Teores médios de vitamina C e cinzas das FFM, em TIP	38
TABELA 05 Teores médios de ferro e zinco das FFM, em TIP	40
TABELA 06 Teores médios de manganês e cobre das FFM, em TIP	40
TABELA 07 Teores médios de magnésio e cálcio das FFM, em TIP	43
TABELA 08 Teores médios de fósforo e potássio das FFM, em TIP	43
TABELA 09 Teores médios de enxofre das FFM, em TIP	44
TABELA 10 Comparação de alguns minerais de hortaliças folhosas com as FFM analisada neste trabalho	46
TABELA 11 Teores médios de oxalato e razão entre cálcio e oxalato das FFM, em TIP	46
TABELA 12 Teores médios de nitrato e cianeto das FFM, em TIP	48
TABELA 13 Teores médios (mg/100g MS) de cianeto das folhas frescas e das FFM, aos 17 meses de idade da planta	50
TABELA 14 Teores médios de polifenóis e atividade hemaglutinante das FFM, em TIP	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 01 Índices de precipitação pluviométrica a partir do plantio (Outubro/2000) até a última coleta das folhas (Março/2002), aos 17 meses de idade da planta	33
FIGURA 2 Umidade relativa do ar durante os dez dias de secagem das folhas coletadas aos 12, 15 e 17 meses de idade da planta	33

RESUMO

WOBETO, Carmen. Nutrientes e antinutrientes da farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em três idades da planta. Lavras: UFLA, 2002. 78 p. (Dissertação – Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica).*

A OMS (Organização Mundial de Saúde) estima que 300 milhões de crianças no mundo têm retardo de crescimento como resultado da desnutrição, sendo a maior causa das altas taxas de mortalidade infantil dos países em desenvolvimento. Em virtude destes dados preocupantes, algumas alternativas têm sido propostas para amenizar o problema. No Brasil, a farinha de folhas de mandioca (FFM) vem sendo usada no combate à desnutrição infantil, por ser fonte de vitaminas e minerais. Na literatura são registrados poucos dados com relação à influência da idade da planta nos teores de nutrientes e antinutrientes da FFM. É bastante investigada a presença de polifenóis e cianeto, porém os demais fatores antinutricionais são pouco relatados, sendo que não existem informações com relação a hemaglutinina. Portanto, investigou-se neste trabalho, os teores de alguns nutrientes e antinutrientes da FFM de cinco cultivares, em três idades da planta, a fim de selecionar cultivares e idades mais adequados para o consumo humano. Preparou-se a FFM secando as folhas à sombra, em condições ambientais, por 10 dias seguidos de secagem em estufa a 30°C por 1h e 30min. Após, trituraram-se as folhas (sem pecíolo) em moinho com peneira de 40 mesh. Foram determinados os teores de umidade (folhas e FFM), proteína bruta (PB), β -caroteno, cinzas, vitamina C, minerais, nitrato, hemaglutinina, cianeto, polifenóis, oxalato, inibidor de tripsina e saponina, da FFM dos cinco cultivares (Ouro do Vale, Maracanã, Mantiqueira IAC 24-2, IAC 289-70 e Mocotó) em três idades da planta (12, 15 e 17 meses), além dos níveis de cianeto na folhas frescas, aos 17 meses de idade da planta. Aos 12 meses foram observados os menores níveis dos antinutrientes, exceto para hemaglutinina e nitrato, e os maiores de PB, β -caroteno, ferro, magnésio, fósforo, enxofre e cinzas. Porém, aos 17 meses as FFM apresentaram os maiores teores de vitamina C, zinco, cálcio e os menores de nitrato e atividade aglutinante. O cultivar IAC 289-70 destacou-se com menores teores dos antinutrientes, exceto para a saponina e oxalato, e aos 12 meses com maiores de

* Comitê de orientação: Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA (Orientadora), Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos - UFLA, Dr. João Batista Donizeti Corrêa – UFLA (Coorientadores).

magnésio e enxofre. Além disso, apresentou níveis apreciáveis de PB, β -caroteno, cinzas, ferro, zinco e cobre, pois não diferiu estatisticamente do cultivar com os teores mais elevados destes nutrientes. Os maiores teores de vitamina C foram observados para o Maracanã, porém os altos níveis de cianeto e polifenóis, restringem seu uso na alimentação humana. Portanto, o cultivar IAC 289-70, aos 12 meses, é o mais adequado para a preparação da FFM, visando sua utilização na alimentação humana. Todavia, os demais cultivares estudados, nas TIP, poderiam ser utilizados no preparo da "multimistura" ou consumidos em quantidades que não causassem toxidez.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: idades da planta, folhas de mandioca, farinha, nutrientes, antinutrientes.

ABSTRACT

WOBETO, Carmen. Nutrients and antinutrients in cassava leaves flour (*Manihot esculenta* Crantz) at three ages of the plant. Lavras: UFLA, 2002. 78 p. (Dissertation - Mastering in Agrochemistry and Agrobiochemistry).*

The WHO (World Health Organization) esteems that 300 million children in the world have growth retard as a result of undernutrition, being the main cause of the rates increase of infantile mortality of countries in development. Due to these worrying data, some alternatives have been proposed to solve the problem. In Brazil, the cassava leaves flour (CLF) has been used to combat the infantile undernourishment, because it is a source of vitamins and minerals. In the literature few data are available relating the age of the plant and nutrients and antinutrients levels in CLF. It is quite investigated the polyphenol and cyanide presence, although the other antinutritional factors are not very reported, and information about hemagglutinin does not exist. Therefore, it was investigated the levels of some nutrients and antinutrients of CLF from five cultivars (Ouro do Vale, Maracanã, Mantiqueira IAC 24-2, IAC 289-70 and Mocotó), at three ages of the plant (12, 15 and 17 months), in order to select cultivars and ages more adequate for the human consumption. CLF was prepared drying the leaves to the shade, in a closed and airy place at room temperature, for 10 days, followed by drying in stove at 30 °C for 1 and a half hour. After, the leaves were triturated (without petiole) in a mill with a sieve of 40 mesh. The moisture (leaves and CLF), crude protein (CP), β -carotene, ash, vitamin C, minerals, nitrate, hemagglutinin, cyanide, polyphenol, oxalate, trypsin inhibitor and saponin levels were evaluated, in cultivar CLF in three ages of the plant, and the levels of cyanide in fresh leaves when the plant was 17 months old. The smallest levels of antinutrients, except for hemagglutinin and nitrate, and the largest levels of CP, β -carotene, iron, magnesium, phosphorus, sulphur and ash were observed at 12 months. However, CLF presented the largest vitamin C, zinc, and calcium levels and the smallest of nitrate and agglutinating activity with 17 months. The cultivar IAC 289-70 stood out due to the smallest levels of antinutrients, except for saponin and oxalate and, at 12 months age, to the largest of magnesium and sulfur. Besides, it presented appreciable levels of CP, β -carotene, ash, iron and zinc, because it wasn't significantly different from the cultivars with the highest levels of these nutrients. The highest vitamin C

* Guidance Committee: Dra. Angelita Duarte Corrêa – Universidade Federal de Lavras - UFLA (Major Professor), Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA, Dr. João Batista Donizeti Corrêa – UFLA.

contents were observed for Maracanã, although the high levels of cyanide and polyphenol restrict its use in the human feeding. Therefore, cultivar IAC 289-70, at 12 months, is the most adequate to produce CLF, for use in the human feeding. However, the other evaluated cultivars, at three ages of the plant, could be used in preparing "multimistura" or consumed in amounts that are not hazardous.

INDEX TERMS: plant age, cassava leaves, flour, nutrients, antinutrients.

1 INTRODUÇÃO

A desnutrição protéico-energética (síndromes de kwashiorkor e marasmo) acarreta uma série de distúrbios clínicos. Estes resultam de várias combinações e graus de deficiência de proteína e/ou energia, normalmente acompanhadas por lesões fisiológicas, agravadas por processos infecciosos e associadas a outras deficiências, como por exemplo, a da vitamina A. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 300 milhões de crianças no mundo têm retardo de crescimento como resultado da desnutrição. Esta é a principal causa das altas taxas de mortalidade infantil dos países em desenvolvimento (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Na América Latina e Caribe, os países com maior insuficiência dietária são Haiti, Nicarágua, Honduras e Brasil (Gonzáles, 2001). No Brasil, segundo o indicador altura/idade, a prevalência de desnutrição é de 10,5%, sendo esta mais acentuada na região nordeste 17,9% (Pesquisa ..., 1996).

Os dados estatísticos são preocupantes e têm levado órgãos governamentais e não-governamentais a proporem iniciativas para amenizar o problema. Algumas dessas iniciativas são centradas no uso de fontes alimentares não-convencionais nutricionalmente ricas, de baixo custo e disponibilidade. Um exemplo é a "multimistura", que é composta por alimentos ou subprodutos disponíveis, apresentando variações conforme a região onde é produzida. Sua fonte lipo-protéica é constituída de farelos de cereais, folhas verdes escuras e sementes de Curcubitaceae. A farinha de folhas de mandioca (FFM) é um de seus constituintes, sendo utilizada em pequenas porções, principalmente como fonte de minerais e vitaminas (Brandão & Brandão, 1989; Madruga & Câmara, 2000; Rocha, 2001).

As raízes da mandioca são muito utilizadas e representam a alimentação básica para 500 milhões de pessoas no mundo (Chavez et al., 2000). Devido a

seus elevados teores de carboidratos constituem-se em alimento basicamente energético, porém, apresentam baixos teores de proteínas, minerais e vitaminas. O aproveitamento das folhas poderia fornecer um balanço positivo na qualidade nutricional, pois apresentam teores mais elevados de vitaminas e minerais. Além do baixo custo de produção, as folhas são consideradas resíduos e não competem com o principal produto comercial, as raízes (Ravindran & Rajaguru, 1988). Destaca-se ainda que a cultura é perfeitamente adaptada às condições nacionais, uma vez que o Brasil é o maior produtor mundial de mandioca, com produção estimada, no ano 2001, em 24 milhões de toneladas de raízes (Agriannual, 2001).

Em alguns países da África (Zaire, Sierra Leone, Tanzânia e Gabon), as folhas de mandioca constituem uma parte significativa da dieta. No Zaire, estimava-se, há 20 anos, um consumo de 40 a 215 g de folhas cozidas por dia por pessoa (Lancaster & Brooks, 1983). As folhas de mandioca também são consumidas em parte do sudeste da Ásia. No Brasil, um prato típico do Amazonas, a maniçoba, é feito com folhas de mandioca cozidas por vários dias, para reduzir a toxidez, sendo as mesmas acrescentadas aos ingredientes da feijoada.

Apesar da FFM ser fonte de fibras, vitaminas e minerais, sua proteína é de baixa digestibilidade, apresentando deficiência de aminoácidos sulfurados, além de conter também substâncias antinutricionais e tóxicas. Segundo a Food and Agricultural Organization (FAO) um fator limitante do uso das folhas de mandioca, como fonte de alimentação alternativa pela população, seria a ampla variação na composição química das folhas de diferentes cultivares de mandioca. Isto ocorre porque existe um número elevado de cultivares adaptadas às mais diferentes regiões do país. Vários fatores contribuem para a variação dos níveis dos nutrientes e antinutrientes, dentre eles influência do ambiente, maturidade das folhas e do vegetal, diferenças genéticas e fisiológicas entre os cultivares (Carvalho & Kato, 1987).

Na literatura são registrados poucos dados com relação à influência da idade da planta nos teores de nutrientes e antinutrientes da FFM. Os polifenóis e cianeto são bastante investigados, porém, os demais fatores antinutricionais são pouco relatados, não existindo informações com relação à hemaglutinina.

Portanto, investigaram-se neste trabalho os teores de alguns nutrientes e antinutrientes da FFM de cinco cultivares, em três idades da planta (TIP), a fim de selecionar cultivares e idades mais adequadas para o consumo humano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta perene, arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas. É bem tolerante à seca e possui ampla adaptação às mais variadas condições de clima e solo. A queda das folhas é um fenômeno natural, e a longevidade da folha varia de 60 a 120 dias. A perda total das folhas caracteriza o período de repouso fisiológico, constituindo a época mais favorável para a colheita, em virtude da maior concentração de amido nas raízes. A mandioca com um ciclo vegetativo, tem apenas um período de intenso crescimento, seguido de repouso fisiológico. Com dois ciclos, têm dois períodos de vegetação abundante (Lorezi & Dias, 1993).

Todos as cultivares analisadas neste trabalho têm suas raízes classificadas como mandiocas mansas. A Ouro do Vale é um cultivar estritamente de mesa; as demais, Mantiqueira-IAC 24-2 (Mant.IAC 24-2), Maracanã, IAC 289-70 e Mocotó, são utilizadas na produção de farinha. Porém, suas raízes também são consumidas *in natura*, sendo a Mantiqueira a mais empregada para este fim.

2.2 Fatores nutricionais

Neste trabalho somente serão abordados alguns nutrientes, dos quais a FFM é considerada fonte, ou seja, proteínas, β -caroteno, vitamina C e minerais.

2.2.1 Proteínas

As proteínas desempenham um papel central em sistemas biológicos, pois os processos bioquímicos que mantêm a vida de um organismo são executados principalmente pelas enzimas. As demais funções biológicas compreendem: proteínas de transporte (hemoglobina, albumina, lipoproteínas),

estruturais (colágeno, elastina, queratina), defesa (anticorpos, fibrinogênio, toxina tetânica), reserva nutritiva (caseína, ovoalbumina), contráteis ou de mobilidade (actina, miosina) e ainda algumas proteínas são hormônios (Sgarbieri, 1987; Lehninger, 1995).

A deficiência de proteínas em adultos produz emagrecimento, anemia, hipoproteinemia, edema, letargia e redução da resistência imunológica. Em crianças causa o kwashiorkor, que é caracterizado por parada de crescimento, edema, distúrbios mentais, diarreia, anemia e alterações na coloração dos cabelos (Leite, 2000).

As folhas vegetais constituem uma fonte alternativa de proteínas. O perfil de aminoácidos da maioria das espécies é comparável com o da soja, carne, peixe e ovos, sendo, geralmente, superior ao padrão de aminoácidos essenciais da FAO (Bardeau, 1989; Aletor et al., 2002).

Os teores de proteína bruta das FFM variam consideravelmente entre cultivares. Rogers & Milner (1963), analisando as FFM de 20 cultivares, encontraram variação de 17,80 a 34,82 g/100 g de matéria seca (MS). Já Phuc et al. (2000) observaram, em seis cultivares, variação de 29,3 a 34,7 g/100 g MS.

O valor nutritivo de uma proteína irá depender dos seguintes aspectos: composição química, digestibilidade e biodisponibilidade dos aminoácidos (Sgarbieri, 1987). As proteínas das folhas de mandioca apresentam elevado teor de lisina, porém são deficientes nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína (Rogers & Milner, 1963; Barrios & Bressani, 1967; Eggum, 1970; Yeoh & Chew, 1976; Gómez et al., 1985; Gómez & Noma, 1986; Nwokolo, 1987; Ravindran & Ravindran, 1988). Entretanto, podem ser comparadas favoravelmente com proteínas de soja (Barcelos, 1998; Friedman & Brandon, 2001), por apresentarem teores mais elevados de metionina. Todavia, a biodisponibilidade de seus aminoácidos é parcialmente comprometida, principalmente, pelos elevados teores de polifenóis (Pellett & Young, 1980;

Reed et al., 1982; Kumar & Singh, 1984; Sgarbieri, 1987, 1996) e possivelmente pelas fibras (Oke, 1978). Utilizando os solventes água, etanol e NH_4OH para a remoção de polifenóis, da FFM, cultivar Baiana, Corrêa (2000) verificou aumento na digestibilidade protéica *in vitro* em até 74,37%.

Ross & Enriques (1969) observaram que suplementos de metionina em rações à base de FFM não tiveram o efeito esperado no crescimento dos animais, deduzindo que, provavelmente, isso se deve à presença de glicosídeos cianogênicos. Estes aumentam os requerimentos de metionina, uma vez que ela é utilizada nos mecanismos de desintoxicação.

Folhas de mandioca maduras apresentam teores mais elevados de proteína bruta do que folhas jovens (Ravindran & Ravindran, 1988). O estágio de desenvolvimento da planta também afeta os níveis de proteína da FFM. Gómez et al. (1985), analisando cinco cultivares, observaram que dos 6 (30 a 33 g/100 g MS) aos 10 meses (23 a 28 g/100 g MS) houve decréscimo nos níveis de proteína da FFM; aos 12 meses houve elevação, mas os níveis ainda foram inferiores daqueles encontrados aos 6 meses de idade da planta.

2.2.2 β -caroteno

Dentre as funções da vitamina A destacam-se o seu papel essencial na visão, crescimento, desenvolvimento dos ossos, desenvolvimento e manutenção do tecido epitelial, além de atuar no processo imunológico e na reprodução normal (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Carotenóides pró-vitamínicos são pigmentos lipossolúveis com coloração variando de amarelo a vermelho. São encontrados em fontes vegetais, que o organismo converte em vitamina A, com graus variáveis de eficiência, sendo o mais ativo o β -caroteno (Gregory, 1996). A maior desvantagem do uso de fontes vegetais para buscar os requerimentos de vitamina A é sua biodisponibilidade. Estima-se que apenas 40 a 60% de carotenóides sejam

absorvidos pelo trato gastrointestinal (Mahan & Escott-Stump, 1998). A baixa disponibilidade do β -caroteno em folhas vegetais pode ser explicada pela organização celular da molécula, em complexos contendo pigmento-proteína. Além disso, componentes de plantas, como fibra e polifenóis, podem ter efeito inibidor sobre a absorção do β -caroteno (Parker, 1997; Takyi, 1999).

Tecidos vegetais com maior concentração de clorofila, geralmente, também apresentam elevados teores de carotenóides (Mahan & Escott-Stump, 1998). Ao testar dietas contendo folhas verdes escuras de *Manihot sp.* e *Ceiba sp.*, Takyi (1999) observou, após 12 semanas, aumento significativo nos níveis de retinol sérico em crianças em idade pré-escolar.

Além de seu papel como fonte de vitamina A, os carotenóides têm atraído grande interesse devido o seu valor como antioxidante, tendo sido relatada sua capacidade em reduzir o câncer e outras doenças degenerativas (Elbe & Schwartz, 1996; Naves & Moreno, 1998).

Chavez et al. (2000) observaram ampla variação de β -caroteno — 23 a 86 mg/100 g de matéria fresca (MF) — ao analisarem as folhas de mandioca de mais de 500 clones. A maturidade das folhas também é um fator que influencia os teores de β -caroteno. Adewusi & Bradbury (1993) constataram teores mais elevados de β -caroteno em folhas maduras do que nas imaturas. Já Carvalho et al. (1989) avaliaram a influência da cultivar e idade da planta nos teores desta substância. Usando três cultivares de mandioca, dos 11 aos 18 meses, verificaram teores mais elevados de β -caroteno aos 12 meses após o plantio.

2.2.3 Vitamina C

A vitamina C existe na natureza sob duas formas: ácido ascórbico (reduzida) e ácido deidroascórbico (oxidada), ambas biologicamente ativas (Gregory, 1996). As plantas e vários mamíferos são capazes de sintetizar o ácido ascórbico a partir de glicose e galactose. Entre os animais, apenas os humanos,

macacos e porquinhos-da-índia não sintetizam vitamina C, sendo portanto, essencial na dieta (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Algumas funções do ácido ascórbico no organismo humano são: atua como coenzima; como cofator na biossíntese e estabilização do colágeno, na biossíntese de neurotransmissores, aumenta a absorção de ferro, devido à redução dos íons férrico em ferroso, promove resistência a infecções interferindo na atividade imunológica de leucócitos e mantendo a integridades de membranas e mucosas, é essencial para oxidação de fenilalanina e tirosina, além de participar na hidroxilação de certos esteróides sintetizados no tecido adrenal (Gregory, 1996; Mahan & Escott-Stump, 1998).

A deficiência de vitamina C leva ao escorbuto, doença que provoca alterações no tecido conjuntivo e sintomas neurológicos (Sgarbieri, 1987). A baixa ingestão de vitamina C pode também acarretar cálculos biliares (Mahan & Escott-Stump, 1998).

As recomendações diárias variam conforme a faixa etária. Para lactentes, crianças, adultos, na gravidez e lactação correspondem de 30 a 35, 40 a 45, 60, 70, 90 a 95 mg, respectivamente (RDA, 1989). Porém existem algumas controvérsias em relação a estas recomendações. As alegações para doses maiores estariam relacionadas, entre outros fatores, ao aumento de absorção de ferro devido à ingestão de vitamina C (Sgarbieri, 1987).

As folhas de mandioca são ricas em vitamina C. Chavez et al. (2000) encontraram, em folhas frescas de 601 clones de mandioca, uma ampla faixa de variação (1,7 a 419 mg/100 g MF) de teores de vitamina C.

Os processos de secagem das folhas para a produção da farinha, acarretam perdas de vitamina C. Maeda & Salunkhe (1981) observaram que folhas de mandioca frescas apresentaram teores de vitamina C de 2.359 mg/100 g MS, enquanto que, folhas secas em container (150x50x40 cm) com aeração, fechado à sombra, fechado ao sol e aberto ao sol os níveis, em mg/100 g MS,

foram de 179,0; 112,6 e 129,5, respectivamente. Já Corrêa (2000), analisando várias formas de secagem, encontrou teores mais baixos com secagem à sombra (108,62 mg/100 g MS) e mais elevados secando as folhas em estufa a 40°C (168,53 mg/100 g MS).

Carvalho et al. (1989) pesquisaram a influência da cultivar (Guaxupé, Engana Ladrão e Iracema) e das idades da planta (11 a 18 meses) nos teores de vitamina C das folhas de mandioca secas em estufa a 45 °C. Os maiores teores de vitamina C foram encontrados aos 11 meses (60,10 a 60,43 mg/100 g) e os menores aos 18 meses (42,83 a 49,66 mg/100 g), tendo sido observado declínio a partir do 14° mês após o plantio.

2.2.4 Minerais

Os minerais em alimentos são classificados como micro e macronutrientes. Os primeiros são ferro, iodo, zinco, selênio, cromo, manganês, cobre, flúor, chumbo, estanho e os outros, magnésio, cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio e cloro (Miller, 1996).

Os elementos minerais desempenham inúmeras funções nos organismos vivos. O balanço destes íons nos líquidos corpóreos regula a atividade de muitas enzimas, mantém o equilíbrio ácido-base e a pressão osmótica e facilita a transferência de compostos essenciais pela membrana. Em alguns casos, os íons são constituintes estruturais dos tecidos corpóreos ou, ainda, estão envolvidos indiretamente no processo de crescimento (Czajka-Narins, 1998).

O ferro desempenha muitos papéis-chave em sistemas biológicos, incluindo transporte e estocagem de oxigênio em animais superiores (hemoglobina e mioglobina), geração de ATP (proteínas ferro-enxofre e citocromos), síntese de DNA (ribonucleotídeo redutase) e síntese de clorofila (Miller, 1996). A deficiência de ferro é um problema de grandes proporções e ocorre, principalmente, devido à sua baixa biodisponibilidade. Scrimshaw

(1991) estimou que 2/3 das crianças e mulheres em idade de ter filhos, em muitos países em desenvolvimento, sofrem de deficiência de ferro. Sgarbieri (1987) registra que o ferro ocorre nos alimentos quase que exclusivamente na forma férrica e a sua absorção requer que o mesmo seja reduzido à forma ferrosa. Entretanto, a disponibilidade do ferro pode aumentar bastante na presença de substâncias fortemente redutoras, como o ácido ascórbico. É sabido que pequenas quantidades de vitamina C (30 a 50 mg por refeição) podem aumentar de 3 a 6 vezes a absorção de ferro proveniente dos alimentos, particularmente os de origem vegetal.

O zinco é encontrado em carnes e cereais; sua deficiência produz perda de apetite, retardo no crescimento e mudanças na pele. Deficiência pronunciada tem sido constatada em algumas populações no Oriente Médio (Miller, 1996).

O manganês atua como cofator de várias enzimas, como, por exemplo, piruvato carboxilase, glutamina sintetase e superóxido dismutase mitocondrial, além de ativar outras. Porém, estas podem ser ativadas também pelo magnésio. O manganês está associado à formação de tecido conjuntivo e ósseo, ao crescimento, à reprodução e aos metabolismos de carboidratos e lipídeos (Czajka-Narins, 1998).

O cobre é um componente de muitas enzimas e as manifestações clínicas de sua deficiência são explicáveis, principalmente, em termos de falha enzimática. Desempenha papéis na produção de energia mitocondrial, oxidação do ferro plasmático, proteção contra oxidantes e síntese de melanina e catecolaminas (Czajka-Narins, 1998).

O organismo humano adulto contém, aproximadamente, 20 a 28 g de magnésio, dos quais aproximadamente 60% se encontram nos ossos, 26% nos músculos e o restante nos tecidos moles e líquidos corpóreos. A principal função do magnésio é estabilizar a estrutura do ATP nas reações enzimáticas dependentes de ATP. Além disso, é um cofator para mais de 300 enzimas. Entre

as reações que exigem magnésio estão a síntese dos ácidos graxos e proteínas, a fosforilação da glicose e seus derivados na via glicolítica e as reações de transcetolase e na formação da adenosina monofosfato cíclico (AMPc). Este mineral desempenha papéis na transmissão e atividade neuromuscular, trabalhando em conjunto ou com efeitos contrários ao cálcio; por exemplo, na contração muscular normal, o cálcio age como um estimulador e o magnésio como relaxante. A deficiência de magnésio manifesta-se clinicamente por tremor, espasmo muscular, anorexia, náuseas e vômito. Tetania, movimentos abruptos ou repetitivos, convulsões e coma também foram relatados (Czajka-Narins, 1998).

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo (39% dos minerais corpóreos totais). Além da sua função na construção e manutenção dos ossos e dentes, o cálcio possui funções reguladoras em numerosos processos bioquímicos e fisiológicos. Por exemplo, está envolvido na fotossíntese, fosforilação oxidativa, coagulação do sangue, contração muscular, divisão celular, transmissão de impulsos nervosos, atividade enzimática além de apresentar funções em membranas celulares (Miller, 1996). A deficiência de cálcio acarreta deformidades ósseas, tetania, hipertensão. Sugere-se, por estudos epidemiológicos, que um maior conteúdo de cálcio na dieta protege contra a hipercolesterolemia, diabetes não insulino-dependentes e câncer de cólon e reto (Czajka-Narins, 1998).

O fósforo é um dos elementos mais importantes do ponto de vista fisiológico e bioquímico. O DNA e o RNA são baseados nos monômeros de ésteres de fosfato. A principal corrente de energia, ATP, contém ligações de fosfato de alta energia. Nas membranas celulares, o fósforo está presente como fosfolípidios. A fosforilação-desfosforilação é um importante passo de controle para ativar ou desativar muitas enzimas pelas cinases ou fosfatases celulares. O sistema tampão de fosfato é importante no fluido intracelular e nos túbulos

renais (Lehninger, 1995). Devido à relativa abundância nos alimentos e sua elevada taxa de absorção, a deficiência de fósforo é rara (Sgarbieri, 1987), porém, quando ocorre, resulta em anormalidades neuromusculares, esqueléticas, hematológicas e renais (Czajka-Narins, 1998).

O potássio concentra-se no interior das células, sendo que as musculares e nervosas são especialmente ricas. Influi na contractilidade muscular e desempenha, juntamente com o sódio, papel central na excitabilidade nervosa. O íon potássio é necessário para o metabolismo dos carboidratos (ativação de enzimas na degradação e síntese) e proteínas (estimula a entrada de aminoácidos nas células). Combina-se também com o cálcio para formar hidroxapatita, o maior composto inorgânico presente nos dentes e ossos. A deficiência de potássio pode resultar de severas diarreias, mau funcionamento dos rins e acidose diabética, manifestando-se por fraqueza muscular, irritabilidade nervosa, irregularidade cardíaca e desequilíbrio mental (Czajka-Narins, 1998).

O enxofre é um mineral amplamente distribuído em alimentos. É constituinte dos aminoácidos sulfurados essenciais, metionina e cisteína, que podem ser limitantes em algumas dietas (Miller, 1986).

Na Tabela 1 constam os teores de minerais e cinzas de FFM, compilados de várias fontes e as recomendações diárias para o consumo humano. Comparando-se com as recomendações diárias dos minerais, as folhas de mandioca apresentam teores apreciáveis de ferro, zinco, manganês, magnésio, cálcio e fósforo.

2.3 Fatores antinutricionais

A avaliação da qualidade nutricional de um alimento também compreende a análise dos antinutrientes, pois os mesmos podem interferir na digestibilidade e absorção dos nutrientes ou mesmo ocasionar efeitos tóxicos, dependendo da quantidade em que são consumidos. Porém, o consumo em pequenas doses de

alguns antinutrientes pode até mesmo trazer benefícios para o organismo humano. Os antinutrientes abordados em seguida são os que serão investigados neste trabalho.

TABELA 1 Teores de minerais e cinzas da FFM e recomendações diárias para o consumo humano

Microminerais	mg/kg MS	Recomendações nutricionais (mg/kg/dia)*		
		Crianças	Homens	Mulheres
Ferro	61 – 151 ^a ; 266 ^b ; 218 – 270 ^d ; 259 ^c ; 50 ^a	10	10 – 12	10 – 15
Zinco	39 – 64 ^c ; 164 ^b ; 149 ^c	10	15	12
Manganês	50 – 87 ^c ; 159 ^b ; 52 ^c	1 – 3	2 – 5	2 – 5
Cobre	6 – 8 ^c ; 40 ^b ; 12 ^c	-	-	-
Macrominerais	g/100 g MS			
Magnésio	0,48 – 0,97 ^c ; 0,26 ^b ; 0,42 ^c	80 – 170	270 – 400	280 – 300
Cálcio	0,82 – 1,63 ^c ; 1,14 ^b ; 0,82 – 1,22 ^d ; 1,45 ^c ; 1,30 ^a	800	800 – 1200	800 – 1200
Fósforo	0,26 – 0,35 ^c ; 0,18 ^b ; 0,71 – 0,80 ^d ; 0,45 ^b ; 0,19 ^a	800	800 – 1200	800 – 1200
Potássio	0,85 – 1,18 ^c ; 1,38 ^b ; 1,28 ^c	-	-	-
Enxofre	0,26 – 0,30 ^c	-	-	-
Cinzas (g/100 g MS)	7,9 ^b ; 4,6 – 6,4 ^d ; 5,0 – 7,9 ^f ; 8,3 ^a	-	-	-

a – Barrios & Bressani (1967)

b – Ravindran & Ravindran (1988)

c – Ravindran et al. (1992)

d – Awoyinka et al. (1995)

e – Chavez et al. (2000)

f – Phuc et al. (2000)

* RDA (1989)

2.3.1 Ácido oxálico

O ácido oxálico ($C_2O_4H_2 \cdot 2 H_2O$) é um ácido dicarboxílico ($pK_1 = 1,46$; $pK_2 = 4,40$); possui peso molecular 126,067 no seu estado hidratado e 90,036 no seu estado anidro. Nas condições ambientais é um sólido branco, solúvel em água — aproximadamente 10 g/100 ml à 20 °C (Guil et al., 1996). Forma sais solúveis com os íons Na^+ , K^+ e NH_4^+ e insolúveis com Ca^{2+} , Fe^{2+} e Mg^{2+} .

O percentual de absorção de oxalato no trato gastrointestinal varia de 1,3 a 42% (Libert & Franceschi, 1987). Entretanto, o oxalato absorvido não pode ser metabolizado por humanos, sendo excretado na urina. Em concentrações elevadas, liga-se ao cálcio para formar cristais que se agregam; freqüentemente são grandes o suficiente para bloquear as vias urinárias. Estima-se que cerca de 70 a 80% dos cálculos renais sejam constituídos de oxalato de cálcio (Massey et al., 1993).

A presença de oxalato em alimentos tem sido associada à redução da biodisponibilidade de minerais essenciais, como o cálcio (Lindner, 1995), além de afetar também a absorção de ferro, magnésio e zinco (Faboya, 1990). Entretanto, Faboya (1990) observou, *in vitro*, que os íons de magnésio apresentaram menor precipitação com oxalato do que os de zinco e cálcio, além de inibir a precipitação dos oxalatos de cálcio e zinco.

Fasset (1973) relatou hipocalcemia após ingestão de altas doses de oxalato. Porém, para que seja notado o efeito crônico, é necessário que haja a combinação de uma elevada ingestão de oxalato com baixa de cálcio e de vitamina D, por um período prolongado. Os efeitos agudos da ingestão excessiva de oxalato são observados por ação corrosiva local (boca ou trato gastrointestinal), efeitos no sistema nervoso, colapso cardiovascular e baixa coagulação sanguínea. Constatam-se também outros sintomas em decorrência dos baixos níveis de cálcio nos fluidos corporais, além de insuficiência renal causada pela ação direta do ácido oxálico ou pelo depósito de oxalato de cálcio.

A dose letal de ácido oxálico para o homem é de 2 a 30 g, dependendo de uma variedade de fatores (Libert & Franceschi, 1987).

Os teores de ácido oxálico podem variar dentro de uma mesma espécie vegetal, o que já foi demonstrado para diferentes cultivares de espinafre (Eheart & Massey, 1962) e soja (Massey et al., 2001). Fatores edafoclimáticos, como, por exemplo, os níveis de nutrientes no solo e o índice de precipitação pluviométrica, também afetam o acúmulo de oxalato no vegetal (Libert & Franceschi, 1987).

Fonseca (1996) encontrou teores de oxalato mais elevados nas folhas de mandioca de cinco cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, ao compará-las com cinco cultivares tolerantes. Porém, as diferenças não foram significativas. Corrêa (2000), analisando as folhas de mandioca do cultivar Baiana submetidas a várias formas de secagem (à sombra, em estufa a 30 e 40 °C e ao sol), observou teores inferiores de ácido oxálico em temperaturas de secagem mais elevadas.

2.3.2 Nitrato

O íon nitrato é a base conjugada do ácido nítrico. O ácido nítrico é um ácido forte ($pK_a = 1,37$), o qual se dissocia em água, dando íon nitrato e íon hidroxônio. Sais de nitrato são solúveis, exceto os de mercúrio e bismuto. O íon nitrito é a base conjugada do ácido nitroso, um ácido fraco ($pK_a = 3,37$). Os sais de nitritos são solúveis, exceto o nitrito de prata (Pedroso, 1993).

O nitrito em alimentos, normalmente, corresponde a aproximadamente 1% da concentração de nitrato. O nitrato é absorvido do solo pelas plantas e parte é convertido em nitrito pela ação enzimática da nitrato redutase presente nos vegetais. Esta enzima se mantém ativa após a colheita, podendo converter nitrato em nitrito quando a planta é mantida sob condições inadequadas de armazenamento (Pedroso, 1993).

Nitratos e nitritos em humanos são rapidamente absorvidos pelo trato gastrointestinal. O nitrito absorvido reage com a hemoglobina e forma a metemoglobina, a qual é rapidamente convertida em oxihemoglobina pela redução no sistema NADH – metemoglobina redutase. Contudo, em organismos com sistema enzimático não desenvolvido, a metemoglobina formada pode ter sua contração aumentada no sangue, resultando em metemoglobinemia e levando à intoxicação e, em casos extremos, à morte (Araújo & Midio, 1989).

Doses elevadas de nitrito provocam metemoglobinemia, principalmente em crianças e nos adultos; cianose assintomática pode estar presente a partir de concentrações de metemoglobina superiores a 10%; entre 20 a 30% é evidente a cianose com sinais de hipoxia e astenia, cefaléia, taquicardia e inconsciência. Concentrações de 50 a 70% podem ser letais. Na presença de anemia, concentrações mais baixas são fatais, pois o fator decisivo é a quantidade de pigmento carreador de oxigênio disponível no organismo (Phillips, 1968; Boronat et al., 1982). A ingestão diária considerada aceitável pela OMS é de 0 a 5 e 0 a 0,2 mg/kg de peso corpóreo para nitrato e nitrito, respectivamente (WHO, 1978).

A ingestão de grandes quantidades de nitratos e nitritos é preocupante devido ao fato desses compostos reagirem com aminas secundárias e terciárias formando nitrosaminas, que são compostos potencialmente carcinogênicos (Sgarbieri, 1987; Lindner, 1995). Sugere-se, por meio de estudos epidemiológicos, associação entre exposição a altos níveis de nitrato e nitrito e incidência de câncer de estômago e esôfago (Dutt & Lim, 1987; Olmedo & Bosch, 1988).

Os fatores que influenciam os teores de nitrato nos alimentos são: o uso excessivo de compostos nitrogenados na adubação, temperatura, luminosidade, deficiência de certos nutrientes no solo (cálcio, enxofre, fósforo e potássio) e

fatores biológicos e fisiológicos das plantas, como espécie, variedade, parte da planta e estado de manutenção (Pedroso, 1993).

Diferentes formas de secagem das folhas de mandioca (ao sol, à sombra, em estufa a 30 e 40 °C) ocasionaram variações significativas nos teores de nitrato na FFM (Corrêa, 2000). Foram encontrados, por Rath et al. (1994), variações de teores de nitrato expressos em mg NaNO₃/kg MF de 401 a 2.824, 445 a 2.881 e 813 a 1.276, respectivamente em várias amostras de alface, couve e espinafre, coletadas, ao acaso, em locais de venda do Distrito Federal. Enquanto Tórres (1999), ao analisar sete variedades de cenoura e repolho, observou variação de teores de nitrato em mg/kg MF de 484 a 926 e 88 a 261, respectivamente. Em folhas de mandioca são relatados teores médios de nitrato de 641 mg/kg MF (Corrêa, 2000).

2.3.3 Glicosídeos cianogênicos

Os compostos cianogênicos são, em sua maioria, cianoidrinas instáveis que, estabilizadas por glicolisação, formam o glicosídeo cianogênico. São β-glicosídeos pouco solúveis em água; devido a esta propriedade, são bem adaptados como veículos para a estocagem de substâncias tóxicas, com o cianeto, até serem requeridas para executar uma função biológica (Montgomery, 1980). As funções fisiológicas dos glicosídeos cianogênicos envolvem ação em mecanismo de defesa do vegetal (Kojima et al., 1983) e armazenamento de nitrogênio (Lieberei et al., 1985; Selmar et al., 1988).

Segundo Prawat et al. (1995), na mandioca foram identificados três glicosídeos cianogênicos, linamarina, lotaustralina e 2-((6-0-(β-D-apiofuranosil)-β-D-glicopiranosil)oxi)-2-metilbutanonitrila). As agliconas dos glicosídeos cianogênicos são derivadas de aminoácidos, sendo a valina e a isoleucina precursoras da linamarina e lotaustralina, respectivamente (Conn, 1980; Shibamoto & Bjeldanes, 1996).

Cianogênese é a habilidade de plantas ou outros organismos vivos em liberar ácido cianídrico, ocorrendo pela ação de uma glicosidase específica em meio aquoso. Estas enzimas são extracelulares e têm acesso ao glicosídeo após ruptura física da célula (Montgomery, 1980; Poulton, 1990). A degradação do glicosídeo é iniciada com a ruptura da ligação glicosídica pela ação de uma β -glicosidase resultando na correspondente cianoidrina. Esta é instável, decompondo-se espontaneamente ou por ação da hidroxinitrilo liase, formando um aldeído ou cetona com liberação de ácido cianídrico (Conn, 1980).

O cianeto ingerido é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal superior. O gás HCN também passa facilmente através da pele, ou é absorvido dos pulmões. A rota metabólica de desintoxicação mais amplamente estudada é pela combinação com o tiosulfato, formando tiocianato e sulfeto, sendo o primeiro excretado na urina. A hidroxicobalamina (vitamina B12) exerce funções no mecanismo de desintoxicação, pois retém o cianeto como cianocobalamina, sendo facilmente liberada pela exposição à luz (Montgomery, 1980).

O cianeto exerce seus efeitos tóxicos agudos ao ligar-se com o íon férrico da citocromooxidase das mitocôndrias, sendo, portanto, um inibidor da cadeia respiratória. A dose letal de HCN para o homem oscila entre 0,5 e 3,5 mg/kg de peso (Wogan & Marletta, 1993). A partir de observações epidemiológicas, tem-se estabelecido uma relação entre a exposição permanente de glicosídeos cianogênicos e certas enfermidades: bócio, neuropatia atáxica tropical e Konzo, uma paralisia rápida e permanente (Osuntokun, 1981; OMS, 1992). A tolerância ao cianeto parece ter correlação com o estado nutricional do indivíduo, pois deficiências de vitaminas do complexo B e aminoácidos sulfurados resultam em maior propensão a intoxicações (Montgomery, 1980).

As condições de secagem das folhas de mandioca influenciam nos teores de cianeto. Gómez & Valdivieso (1985) observaram maiores perdas de cianeto

pela secagem ao sol (82 a 94%) do que secagem em estufa a 60 °C (68 a 76%). Corrêa (2000) obteve menores teores residuais de cianeto na FFM quando secou as folhas à sombra e os comparou com os das secagens ao sol, em estufa a 30 e 40 °C.

As diferenças genéticas e fisiológicas das cultivares afetam os teores de cianeto na FFM. Padmaja (1989), ao secar as folhas de mandioca de cinco cultivares, em estufa a 45 °C, encontrou variação de níveis de cianeto de 87 a 187 mg/kg MS. Já Phuc et al. (2000), analisando as folhas de 6 cultivares secas ao sol, observaram variação de 17 a 86 mg/kg de MS.

Foram observados decréscimos de níveis de cianeto com a maturidade das folhas (Ravindran & Ravindran, 1988); aumento dos teores com adubação nitrogenada e decréscimo com aplicação de potássio (De Bruijn, 1971, citado por Cooke & De la Cruz, 1982) e aumento com a maturidade do vegetal (Cooke & De la Cruz, 1982; Gómez & Valdivieso, 1985). Plantas expostas a longos períodos de seca respondem diminuindo os níveis de cianeto (De Bruijn, 1971 citado por Cooke & De la Cruz, 1982; Gómez & Valdivieso, 1985).

2.3.4 Polifenóis

Fenólicos vegetais são, geralmente, caracterizados como metabólitos aromáticos que possuem um ou mais grupos hidroxila acídicos ligados a um anel aromático. Variam de compostos de baixo peso molecular (ácidos caféico, sináptico, gálico) a compostos de pesos moleculares mais elevados, com estruturas mais complexas (taninos condensados e ligninas). Em tecidos vegetais desempenham as mais diversas funções: estruturais – constituintes de parede celular e não estruturais - mecanismos de defesa, coloração de flores, compostos odoríferos (Croteau et al., 2000).

Taninos são classificados como hidrolisáveis e condensados. Os hidrolisáveis contêm galotaninos ou elagitaninos. Os primeiros, quando

hidrolisados, produzem glicose e ácido gálico; os outros, contêm um ou mais resíduos hidroxidifênicos que, sob hidrólise, produzem ácido elágico. Taninos condensados são produtos polimerizados de flavan-3-ol ou flavan-3,4-diols ou uma mistura dos dois (Chung et al., 1998). Entretanto, no final da década de 1980, foi proposta a existência de um terceiro grupo, os taninos complexos, os quais apresentam em sua molécula ligações carbono-carbono de um tanino hidrolisável com um flavonóide (Sánchez-Moreno, 2002).

Os compostos polifenólicos são freqüentemente considerados nutricionalmente indesejáveis, porque são capazes de reduzir a digestibilidade da proteína e a biodisponibilidade de aminoácidos pela formação de complexos com as proteínas ou pela inativação de enzimas proteolíticas (Ravindran, 1993). Os taninos também afetam a utilização de vitaminas e minerais, particularmente vitamina A, ferro (Chung et al., 1998) e também cálcio Mohamed et al. (2001).

Reed et al. (1982) observaram que as folhas de mandioca de seis cultivares, secas em estufa a 55°C, apresentaram digestibilidade proteica *in vitro* (84,7%) inferior as forragens convencionais ($\pm 93\%$), provavelmente devido à formação de complexos de taninos com proteínas ou aos efeitos destes sobre a atividade das enzimas. Concluíram, portanto, que os teores de taninos constituem um fator limitante do uso das folhas de mandioca na alimentação de ruminantes.

Entretanto, alguns relatos têm indicado efeitos benéficos para o consumo de taninos, destacando-se propriedades anticarcinogênicas (Chung et al., 1998; Chen & Chung, 2000; Alessio et al., 2002; Nakagawa et al., 2002); redução de níveis de colesterol (Park et al., 2002; Zdunczyk et al., 2002) e aumento da disponibilidade de ferro em virtude de sua ação antioxidante (Matuschek & Svanberg, 2002).

Os teores de polifenóis nas FFM variaram entre cultivares (Padmaja, 1989; Awoyinka et al., 1995), aumentaram com a maturidade das folhas

(Ravindran & Ravindran, 1988) e com a maturidade do vegetal (Gómez & Valdivieso, 1985). As temperaturas de secagem das folhas para produção da FFM afetaram os níveis de polifenóis, tendo sido observado que temperaturas superiores acarretaram menores teores (Padmaja, 1989; Gómez & Valdivieso, 1985).

2.3.5 Hemaglutininas

Hemaglutininas ou lectinas são proteínas ou glicoproteínas que podem se ligar a resíduos de carboidratos específicos das membranas celulares e são capazes de aglutinar hemácias (Thompson et al., 1986).

As lectinas são muito difundidas no reino vegetal e os extratos de aproximadamente 800 espécies vegetais apresentam atividade aglutinante. São encontradas em muitas leguminosas comestíveis, como por exemplo, soja, feijão e ervilha (Shibamoto & Bjeldanes, 1996). Nos vegetais estão associadas a mecanismos de defesa, ligação com enzimas glicoprotéicas formando complexos multienzimáticos e transporte ou estoque de açúcar (Jaffé, 1980).

Quando ingeridos em grandes quantidades na forma livre ou como feijões crus, lectinas podem inibir o crescimento e serem até mesmo letais, conforme observado em animais experimentais (Jaffé, 1980; Pusztai et al., 1981; Durigan & Sgarbieri, 1987). Acredita-se que a ação tóxica das lectinas deve-se à ligação às células da mucosa intestinal, causando mau funcionamento, distúrbios e lesões no intestino delgado e, conseqüentemente, interferindo na absorção de nutrientes (Figueroa & Lajolo, 1997). A redução da disponibilidade de nutrientes pode também ser devida à ação direta de lectinas sobre enzimas digestivas (Thompson et al., 1986). Entretanto, lectinas adicionadas a dietas de animais livres de germes não são letais e o retardo no crescimento é significativamente menor, indicando que as bactérias da flora intestinal têm um papel essencial em

sua toxicidade (Jayne-Williams & Hewitt, 1972; Jayne-Williams & Burgess, 1974; Banwell et al., 1983).

A toxicidade depende de cada espécie de vegetal em particular. A LD₅₀ da lectina de soja é de 50 mg/kg de peso corpóreo. A ricina, lectina da semente de ricino, é uma das substâncias naturais mais tóxicas conhecidas, sendo sua LD₅₀ de 0,05 mg/kg (Shibamoto & Bjeldanes, 1996). Porém, as lectinas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) não são tóxicas (Naisbett & Woodley, 1990).

A toxicidade de leguminosas cruas é atribuída principalmente pela presença de hemaglutininas. Porém, são termolábeis, conforme observado por Thompson et al. (1983), no cozimento de feijão Red Kidney a 100 °C, por 15 min., acarretando decréscimo da atividade das lectinas a níveis não detectáveis, o mesmo ocorrendo com aquecimento a 80 °C por 2 horas. Todavia, aquecimento a 65 °C, por 12 horas, não ocasionou decréscimo significativo na atividade hemaglutinante. Kakade et al. (1972) constataram diferenças significativas de atividade hemaglutinante entre várias cultivares de soja. Turner & Liener (1975), ao removerem as lectinas de extrato cru de farinha de soja, observaram uma taxa de crescimento ligeiramente maior do que a dos ratos alimentados com extratos originais de farinha de soja sem remoção de hemaglutininas.

2.3.6 Inibidores de proteases

Os inibidores de proteases são substâncias capazes de inibir a atividade proteolítica de certas enzimas, por exemplo a tripsina. São encontrados no reino vegetal, particularmente em leguminosas e também cereais. Em sua composição química possuem elevados teores de cisteína e de pontes dissulfeto (Liener & Kakade, 1980).

As seguintes funções fisiológicas nas plantas são atribuídas a esses inibidores: manutenção da dormência, por serem agentes reguladores; controle

das proteínas endógenas e defesa ao ataque de microorganismos e insetos predadores (Richardson, 1977; Liener & Kakade 1980; Bishop et al., 1984; Hilder et al., 1987).

Na literatura destacam-se alterações fisiológicas e anatômicas em animais experimentais alimentados com soja crua, devido à presença de inibidores de tripsina, sendo estas: crescimento anormal (Garthoff et al., 2002); efeito negativo no balanço de nitrogênio devido à perda de aminoácidos endógenos (Barth et al., 1993); hipertrofia, hiperplasia e lesões pancreática (Kakade et al., 1973; McGuinness et al. , 1981; Gumbmann et al., 1989), além de câncer pancreático como efeito de longo tempo de exposição à dieta (McGuinness et al.; 1980). A relação entre a atividade do inibidor de tripsina e a hipertrofia pancreática tem sido atribuída ao fato de que a secreção pancreática é controlada pelo nível de tripsina ativa no trato intestinal e que a ação do inibidor de tripsina neutraliza esse efeito supressivo ao combinar-se com a tripsina (Liener & Kakade, 1980).

Embora inibidores de proteases tenham sido considerados somente como fatores antinutricionais, o interesse por eles têm redobrado nos anos recentes, devido à ação anticarcinogênica (Blanco-Aparicio, 1998; Hou et al., 2001) e efeitos dietários positivos (Hill et al., 1990).

Teores de inibidor de tripsina em sementes de soja cruas variaram de 31,73 a 51,68 UTI/mg (Hafez, 1983). Já em folhas de mandioca secas à sombra, foram encontrados níveis de inibidor de tripsina de 3,43 e 10,09 UTI/mg em dois estádios de desenvolvimento do vegetal, fase de acúmulo de amido e fase de desenvolvimento foliar, respectivamente, mostrando a influência da idade da planta (Corrêa, 2000).

2.3.7 Saponinas

Saponinas constituem um grupo complexo de compostos que ocorrem naturalmente em plantas. Do ponto de vista químico, são glicosídeos com agliconas esteroidais ou triterpenóides. Caracterizam-se por três propriedades: sabor amargo, produção de espuma em solução aquosa e hemólise de eritrócitos (Birk & Peri, 1980).

As saponinas podem ser classificadas pelo seu caráter ácido, básico ou neutro. O caráter ácido é devido à presença de um grupamento carboxila na molécula. O caráter básico decorre da presença de nitrogênio na aglicona, geralmente na forma de amina secundária ou terciária. Outra classificação refere-se ao número de cadeias de açúcar ligadas à sapogenina; aquelas que apresentam uma cadeia de açúcar são chamadas monodesmosídicas e as que contêm duas, bidesmosídicas (Lásztity et al., 1998; Schenkel et al., 2001).

A atividade hemolítica da saponina está relacionada à estrutura química da molécula. As saponinas triterpenóides monodesmosídicas neutras, ácidas e as estersaponinas apresentam atividade significativamente mais alta, enquanto que nas saponinas acilglicosídicas, triterpenóides bidesmosídicas neutras e nas esteroidais bidesmosídicas furostanol, a atividade é relativamente menor (Lásztity et al., 1998). Os carboidratos da molécula exercem influência sobre a atividade hemolítica, sendo as monodesmosídicas mais ativas do que as bidesmosídicas; além da maior proporção de moléculas de açúcar em relação a sapogeninas conferir maior atividade, conforme observado por Gestetner et al. (1971), em saponinas de alfafa e soja.

As saponinas parecem influenciar na absorção de carboidratos (Johnson et al., 1986; Önning & Asp, 1995), minerais (West et al., 1978) e lipídios, além de interações de proteínas com saponina (Ikeda et al., 1996) e efeito inibidor na atividade das enzimas digestivas e no metabolismo celular (Cheeke, 1976).

De acordo com Cheeke (1976), também ocorre inibição do crescimento em animais monogástricos, com evidências de que há diferenças entre as espécies, em resposta à saponina da dieta. A redução das taxas normais de crescimento pode ser decorrente da complexação das saponinas com nutrientes, tornando-os indisponíveis, ou devido à redução de ingestão de alimento, acarretada pelo sabor amargo e irritação do trato gastrointestinal .

As saponinas têm ação na redução dos níveis de colesterol sérico, devido à formação de micelas no intestino delgado com ácidos biliares, evitando assim sua reabsorção (Sidhu & Oakenfull, 1986; Stark & Madar, 1993). O uso de uma dieta rica em saponinas tem sido mencionado ser um meio natural de redução dos níveis de colesterol sérico. Contudo, devido à possível influência da saponina na absorção de outros nutrientes, a indicação de alimentos com altos teores de saponinas deve ser vista com cautela (Lásztity et al., 1998).

A toxicidade das saponinas varia amplamente, dependendo do animal. A baixa toxicidade em animais de sangue quente (50 a 100 mg/kg de peso corpóreo) é atribuída às baixas taxas de absorção (Lásztity et al., 1998).

A mais baixa incidência de câncer de colo de útero em alguns países Asiáticos, quando comparada com a de países ocidentais, parece estar relacionada ao consumo de soja (Dunn, 1975). Alguns pesquisadores atribuíram-na à presença da saponina, tida como um dos fatores anticarcinogênicos, pois observaram efeito inibidor sobre o crescimento e mudanças morfológicas em culturas de células cancerosas do colo (Rao & Sung, 1995; Sung et al., 1995).

Entre as plantas comestíveis, as saponinas mais estudadas são as da soja, apresentando teores variáveis entre 0,9 e 5,3 g/kg MS (Anderson & Wolf, 1995). Para o feijão Red Kidney (*P. vulgaris*), espinafre (*Spinaceae aleracea* L.) e amendoim (*Arachis hypogaca* L.), foram relatados por Fenwick & Oakenfull (1983), níveis de 16; 47 e 6 g/kg MS, respectivamente. Onwuka (1992) analisou

quatro clones de folhas de mandioca secas entre 50 e 60°C e encontrou teores de saponina variando de 1,8 a 2,5 g/kg de equivalente de saponina.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparo das amostras

As folhas maduras de mandioca de cinco cultivares: Ouro do Vale, Maracanã, Mantiqueira-IAC 24-2 (MANT.IAC24-2) , IAC 289-70 e Mocotó (Figura 3A, Anexo A), originárias da área experimental do Departamento de Agricultura/UFLA, foram coletadas pela manhã, em três idades da planta (TIP), nos meses de outubro (12 meses), janeiro (15 meses) e março (17 meses).

Na primeira coleta das folhas de mandioca, aos 12 meses de idade da planta, o vegetal estava no início do segundo ciclo vegetativo, ou seja, período de reenfolhamento. A segunda coleta, aos 15 meses de idade da planta, ocorreu no estágio de intenso desenvolvimento foliar. Já a última coleta, aos 17 meses de idade da planta, precedeu a próxima queda total das folhas, caracterizando o início da segunda fase de repouso fisiológico.

As folhas coletadas foram transportadas em sacos plásticos até o local de secagem, secas à sombra, em recinto fechado e arejado, à temperatura ambiente (Figuras 1A e 2A, Anexo A). Transcorridos dez dias de secagem, as folhas da primeira coleta apresentaram-se ainda úmidas para moagem, por isso foram colocadas em estufa ventilada a 30 °C, por 1 hora e 30 minutos, utilizando-se esse mesmo procedimento para as demais coletas. Após, trituraram-se as folhas (sem pecíolo) em moinho com peneira de 40 mesh. As farinhas foram armazenadas em recipientes de vidro e protegidas da luz (Figura 3A, Anexo A) até as análises, realizadas no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química/UFLA.

3.2 Registro das variações climáticas

Durante o período de secagem das folhas, registraram-se, diariamente, a temperatura máxima e mínima do local de secagem. A umidade relativa do ar,

durante o período de secagem e o índice pluviométrico, desde o plantio (outubro/2000) até a última coleta das folhas (março/2002), foram obtidos da Estação Climatológica Cel. Roberto Venerando Pereira, pertencente ao 5º Distrito de Meteorologia do INMET, localizada no campus da UFPA.

3.3 Análises

3.3.1 Umidade

O método utilizado consiste em perdas de água das amostras (folhas frescas e FFM) colocadas em estufa em temperaturas de 100 a 105 °C até peso constante (AOAC, 1995).

3.3.2 Proteína bruta

A proteína bruta (PB) foi determinada com base no teor de nitrogênio, dosado pelo método de Kjeldahl. O fator de conversão 6,25 foi utilizado para obter o teor de proteína (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em g/100 g de matéria seca (MS).

3.3.3 β -caroteno

As farinhas foram homogeneizadas com uma mistura de acetona:hexano (4:6). Em seguida, o extrato foi usado para a leitura de absorbância em espectrofotômetro a quatro comprimentos de onda: 453; 505; 645 e 663 nm (Nagata & Yamashita, 1992). Para os cálculos das concentrações de β -caroteno foi utilizada a seguinte equação:

$$\beta\text{-caroteno (mg/100 mL)} = 0,216 A_{663} - 1,22 A_{645} - 0,304 A_{505} + 0,452 A_{453}.$$

Os resultados foram expressos em mg/100 g de MS.

3.3.4 Vitamina C total

O teor de vitamina C total foi determinado pelo método colorimétrico de Roe e Kuether, descrito por Strohecker & Henning (1967). O ácido ascórbico foi extraído das farinhas com ácido oxálico. Após filtração, a vitamina C foi dosada no extrato, empregando-se o 2,4-dinitrofenilhidrazina e usando o ácido ascórbico como padrão. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de MS.

3.3.5 Cinzas

O método consiste na incineração (550 °C) de uma quantidade definida da FFM, determinando-se a porcentagem do resíduo (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em g/100g de MS.

3.3.6 Minerais

Os teores dos microminerais (Fe, Zn, Mn e Cu) e dos macrominerais (Mg, Ca, P, K e S) foram determinados segundo Malavolta et al. (1989). Os extratos foram obtidos por digestão nitroperclórica. O fósforo e o enxofre foram determinados por colorimetria, segundo método da AOAC (1995); ferro, zinco, manganês, cobre, magnésio e cálcio por espectrofotometria de absorção atômica e potássio por fotometria de chama. Os resultados dos microminerais foram expressos em mg/kg de MS e os macrominerais em g/100 g de MS.

3.3.7 Oxalato

O ácido oxálico foi extraído a quente com ácido clorídrico, precipitado e quantificado pela titulação do oxalato de cálcio com permanganato de potássio (Loures & Jokl, 1990). Os resultados foram expressos em g de oxalato/100 g de MS.

3.3.8 Nitrato

O nitrato foi extraído a 45 °C com água ultrapura (18,2 MΩ). Na dosagem, um complexo é formado pela nitração do ácido salicílico sob condições extremamente ácidas, o qual foi lido a 410 nm em soluções básicas (pH maior que 12). A absorvância do material foi diretamente proporcional à quantidade de nitrato presente, sem a ocorrência da interferência de íons amônio, nitrito ou cloro. O nitrato de potássio foi empregado como padrão (Cataldo et al., 1975). Os resultados foram expressos em g de nitrato/100 g de MS.

3.3.9 Cianeto

O preparo do extrato enzimático (linamarase) seguiu a metodologia descrita por Santos (1985), com adaptações (Corrêa, 2000). As folhas de mandioca frescas foram cortadas ($\pm 0,25 \text{ cm}^2$) e homogeneizadas. Pesou-se 1,0 g que foi triturado em gral de porcelana contendo 0,1 g de ácido ascórbico e 0,2 g de polivinilpirrolidona-insolúvel (Sigma P – 6755) em banho de gelo até obter uma massa homogênea. Em seguida, suspendeu-se em 10 mL de tampão citrato-fosfato 20 mmol/L, pH 6,0 e centrifugou-se a 10.000 x g, por 10 min, a 4 °C. O sobrenadante foi recolhido e dialisado com tampão citrato-fosfato 50 mmol/L, pH 6,0, para remover os glicosídeos cianogênicos. O extrato foi dividido em porções e congelado até ser utilizado. Antes da quantificação do cianeto mediu-se a atividade dos extratos enzimáticos, de acordo com Corrêa (2000).

Para a quantificação do cianeto das amostras utilizou-se método colorimétrico (Wood, 1966; Ikediobi et al., 1980), com adaptações (Corrêa, 2000). Foram pipetados 0,15 mL do extrato da FFM contendo os glicosídeos cianogênicos e 0,05 mL do extrato enzimático (linamarase); a mistura foi incubada a 30 °C, por uma hora. Em seguida, foram adicionados 0,8 mL de uma mistura recente de ácido picrico saturado (1,4 g/100 mL a 30 °C) e carbonato de sódio 5 g/100 mL, na proporção 1:1. Foi deixado em repouso por 10 minutos,

adicionando-se 1,5 mL de água e aquecendo-se os tubos com as soluções durante 12 minutos, em banho-maria em ebulição. A leitura foi realizada em 530 nm, usando-se o cianeto de potássio como padrão. Os resultados foram expressos em mg de cianeto/100 g de MS.

3.3.10 Polifenóis

A extração foi realizada com metanol 50mL/100 mL em refluxo por três vezes consecutivas. Os extratos de cada extração foram reunidos, evaporados até o volume de 25 mL e submetidos à dosagem de polifenóis, segundo Folin-Denis, usando ácido tânico como padrão, conforme metodologia descrita por Goldstein & Swain (1963). Os resultados foram expressos em mg/100 g de MS.

3.3.11 Hemaglutinina

A extração foi realizada empregando-se NaCl 0,85 g/100 mL (pH=7,4), em agitação por 3 horas, à temperatura ambiente. A estimativa da atividade aglutinante foi feita em placa de microtitulação, adicionando-se 100 µL de suspensão de eritrócitos 2% (sangue humano A⁺) e 100 µL do extrato da amostra, fazendo-se uma série de diluições na base 2 (2⁰, 2¹, 2², 2³, etc.). A mistura permaneceu por uma hora, à temperatura ambiente. Em seguida, procedeu-se a leitura visual da aglutinação e nova leitura foi realizada após 30 minutos. O título aglutinante foi determinado visualmente como o correspondente à última diluição em que foi observada aglutinação (Figuroa & Lajolo, 1997). Os resultados foram expressos pelo expoente, de base 2, correspondente à última diluição em que foi observada aglutinação visível de eritrócitos.

3.3.12 Inibidor de tripsina

A determinação de inibidor de tripsina presente na FFM foi realizada utilizando método enzimático/colorimétrico (Kakade et al., 1969; Kakade et al., 1974). A FFM foi extraída com solução de NaOH 0,1 mol/L, em agitação, por 3 horas, à temperatura ambiente. Após centrifugação, uma alíquota do sobrenadante foi usada no ensaio enzimático, empregando-se o BApNA (benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como substrato e a enzima tripsina. Se existir inibidor na amostra, este inibe a ação da tripsina sobre o BApNA. A leitura da mistura foi feita a 410 nm. A atividade do inibidor de tripsina foi expressa em termos de unidade de tripsina inibida (UTI)/mg de MS.

3.3.13 Saponina

A saponina da FFM foi extraída com etanol em agitação, à temperatura ambiente. O teor de saponina foi determinado pela reação da saponina com o anisaldeído (0,5 mL/100 mL de acetato de etila), em meio ácido, que produziu um composto de cor vermelha, cujo pico de absorvância ocorre em 430 nm (Baccon et al., 1977). A digitonina foi utilizada como padrão. Os resultados foram expressos em mg/100 g de MS.

3.4. Análises estatísticas

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, ou seja, cinco cultivares, três idades da planta, com três repetições. O teste de Tuckey foi usado para comparação das médias, com probabilidade de 5% (Pimentel Gomes, 1990). As análises estatísticas foram realizadas segundo técnicas usuais do software SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está representado o índice de precipitação pluviométrica desde o plantio (outubro/2000) até a última coleta das folhas, aos 17 meses de idade da planta (março/2002). Observa-se uma distribuição heterogênea das chuvas, com período de estiagem antecedendo a primeira coleta das folhas, aos 12 meses de idade do vegetal.

Na Figura 2 mostra-se a variação da umidade relativa do ar, durante os dez dias de secagem das folhas, coletadas aos 12, 15 e 17 meses de idade da planta. A umidade relativa do ar apresentou maior variação e índices mais elevados durante o período de secagem das folhas da primeira coleta.

As variações de temperatura, no local de secagem, durante os dez dias, foram de 19 a 28 °C, 21 a 30 °C e 21 a 27 °C, para as folhas coletadas aos 12, 15 e 17 meses de idade da planta, respectivamente.

As folhas da primeira coleta (outubro/2001), após 10 dias de secagem apresentaram-se ainda úmidas para moagem, provavelmente, devido à temperatura inferior e umidade relativa do ar mais elevada. Enquanto que, as folhas da segunda (janeiro/2002) e terceira coletas (março/2002) após 9 e 8 dias, respectivamente, já estavam secas. Porém, foi mantido o procedimento padrão de secagem à sombra em condições ambientais por 10 dias, seguidos de secagem em estufa a 30 °C por 1h 30min.

Na análise de variância observam-se diferenças significativas a 1% ou 5% de probabilidade, pelo teste F, em todos os parâmetros estudados, exceto para a variável umidade da folha, que, na fonte de variação idade da planta não apresentou diferenças significativas (Tabelas 1B, 2B e 3B, Anexo B).

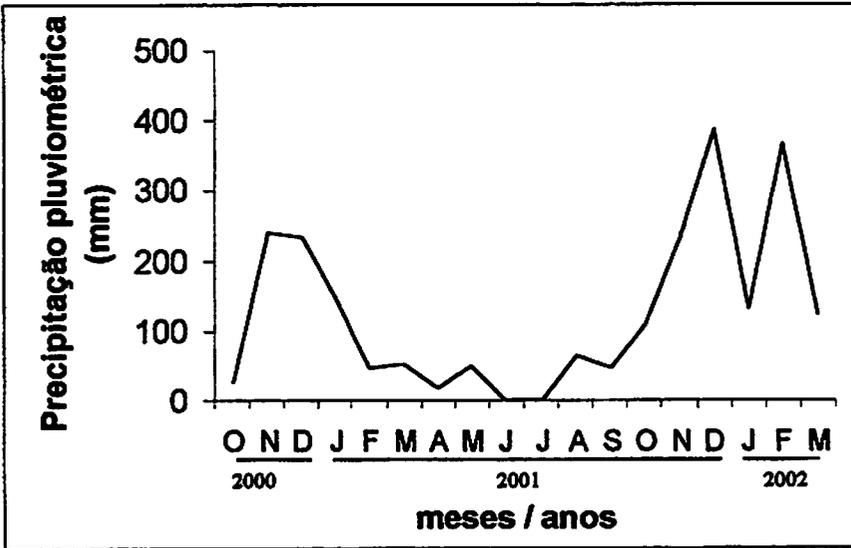


FIGURA 1 Índice de precipitação pluviométrica a partir do plantio (outubro/2000) até a última coleta das folhas (março/2002), aos 17 meses de idade da planta

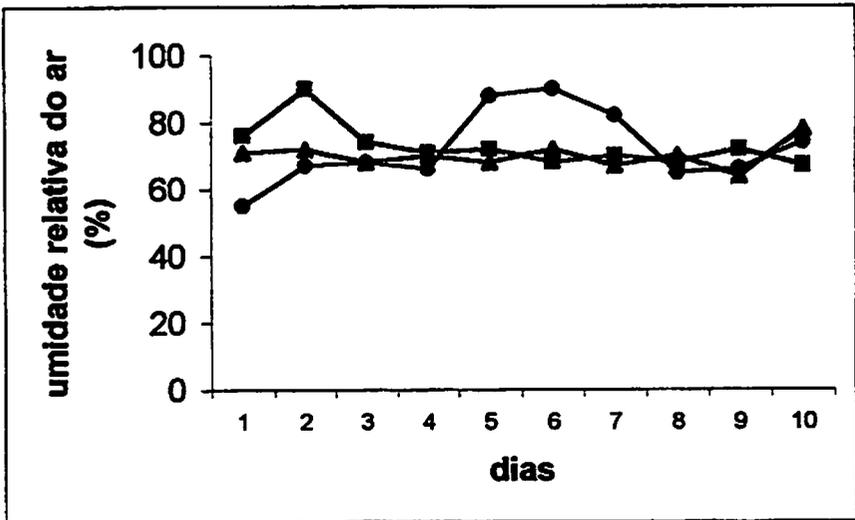


FIGURA 2 Umidade relativa do ar durante os dez dias de secagem das folhas coletadas aos 12 (●), 15 (■) e 17 (▲) meses de idade da planta

Na Tabela 2 constam os teores médios de umidade das folhas e das FFM, das cinco cultivares, em TIP. As variações dos teores em g/100 g da umidade das folhas e FFM foram de 68,32 a 72,01 e 8,23 a 10,47, respectivamente. Devido às diferenças significativas observadas entre as cultivares e idades da planta, foram realizadas as conversões para MS, nos demais parâmetros analisados, a fim de compará-los nos tratamentos utilizados.

Na Tabela 3 mostram-se os teores médios de proteína bruta (PB) e β -caroteno das FFM, das cinco cultivares, em TIP. Com relação à PB constata-se que, para todas as cultivares, houve tendência ao decréscimo nos teores com a maturidade do vegetal, exceto para o cultivar Mocotó. Os maiores níveis de PB e β -caroteno foram observados aos 12 meses para as cultivares Mocotó e Maracanã, respectivamente; entretanto, a 'IAC 289-70' (12 meses) não foi estatisticamente diferente dessas cultivares, em ambos os parâmetros. Em outros trabalhos também foram registrados maiores teores, no 12º mês após plantio, para PB (Carvalho et al., 1985) no feno do terço superior da parte aérea de 10 cultivares de mandioca, e β -caroteno (Carvalho et al., 1989) nas FFM de três cultivares.

Gómez & Valdivieso (1985), avaliando a influência da idade da planta (6 a 12 meses) nos teores de nutrientes na parte aérea (caules jovens, pecíolos e folhas) em quatro cultivares de mandioca, observaram decréscimo nos teores de PB no período de estiagem. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao declínio das chuvas provocar queda na taxa de expansão das folhas, pois segundo Reed et al. (1982), as folhas (24,2 g/100 g MS) apresentaram maior teor de PB do que o pecíolo (7,6 g/100 g MS) e o caule (10,8 g/100 g MS). Portanto, a menor quantidade de folhas no material amostral ocasionou a queda nos teores de PB. Neste trabalho não foi observada a mesma influência da estiagem, pois os maiores teores de PB, independente da cultivar, foram encontrados aos 12

TABELA 2 Teores médios de umidade das folhas e das FFM, em TIP

Cultivares	Folhas (g/100 g)*				FFM (g/100 g)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	69,63 aB	68,32 bB	69,04 abB	69,00 B	8,84 b	8,48 bB	10,06 aA	9,12 BC
Maracanã	71,94 aA	70,55 bA	71,44 abA	71,31 A	8,74 b	10,07 aA	10,26 aA	9,69 A
MANT.IAC 24-2	70,19 abB	71,36 aA	69,98 bB	70,51 A	8,77 b	9,64 aA	8,23 bC	8,88 CD
IAC 289-70	70,29 bB	70,32 bA	72,01 aA	70,87 A	8,39	8,60 B	8,67 BC	8,55 D
Mocotó	70,75 abAB	71,48 aA	69,62 bB	70,62 A	8,72 b	10,47 aA	9,53 bAB	9,57 AB
Totais	70,56	70,41	70,42		8,69 b	9,45 a	9,35 a	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

36

TABELA 3 Teores médios de PB e β -caroteno das FFM, em TIP

Cultivares	Proteína bruta (g/100 g MS)*				β -caroteno (mg/100 g MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	29,17 aD	28,65 aA	25,08 bAB	27,63 B	124,24 aB	54,85 cBC	91,80 bA	90,30 B
Maracanã	33,28 aBC	26,21 bB	24,71 bB	28,06 AB	137,38 aA	70,85 cA	92,50 bA	100,24 A
MANT.IAC 24-2	32,74 aC	26,48 bAB	24,12 cB	27,78 B	113,83 aC	50,36 cC	58,49 bC	74,23 D
IAC 289-70	35,23 aAB	24,92 bB	23,25 bB	27,80 B	131,14 aAB	60,21 cB	82,77 bB	91,37 B
Mocotó	35,90 aA	24,67 cB	27,18 bA	29,25 A	126,57 aB	58,88 cBC	66,58 bC	84,01 C
Totais	33,26 a	26,18 b	24,87 c		126,64 a	59,030 c	78,42 b	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

meses, período de seca (Figura 1), provavelmente, devido o material amostral constituir-se somente de folhas maduras.

A variação dos níveis de PB nas FFM, independente da cultivar e da idade da planta, foi de 23,25 a 35,90 g/100 g MS e encontra-se na faixa de 17,8 a 37,40 g/100 g MS, registrada na literatura (Rogers & Milner, 1963; Eggum, 1970; Ravindran & Ravindran, 1988; Aletor & Adeogun, 1995; Madruga & Camara, 2000; Phuc et al., 2000). Esta ampla variação deve-se, provavelmente, às diferenças inerentes à cultivar, maturidade do vegetal e das folhas, além do clima e fertilidade do solo.

Corrêa (2000) observou que diferentes formas de secagem das folhas (secas ao sol, à sombra e em estufa a 30 e 40 °C) acarretaram diferenças significativas nos teores de β -caroteno na FFM da cultivar Baiana, com maiores teores, em mg/100 g MS, para secagem em estufa a 30 °C (84,83) e menores secando as folhas à sombra (64,88). Enquanto que, Maeda & Salunkhe (1981) verificaram maior retenção de β -caroteno (39,2%) em folhas de mandioca secas em container, arejado e fechado à sombra, comparado com o mesmo aberto ao sol (28,6%). Portanto, as diferenças nos níveis desta substância ocorreram, provavelmente, devido às cultivares, às idades da planta e também à forma de secagem das folhas.

Folhas verde escuras são consideradas ricas em β -caroteno e, apesar da menor biodisponibilidade, comparando-se com alimentos de origem animal, podem ser consideradas fonte de vitamina A. Conforme observado por Takyi (1999), dietas contendo folhas verde escuras de duas espécies, *Manihot sp.* e *Ceiba sp.*, após 12 semanas de ingestão, ocasionaram aumentos significativos nos níveis de retinol sérico em crianças em idade pré-escolar. Por conseguinte, a FFM pode ser considerada fonte de β -caroteno, pois a variação dos teores encontrados, independente da cultivar e da idade da planta, em mg/100 g MF, foi de 14,23 a 38,55, sendo superior à variação descrita para algumas hortaliças

folhosas (Minazzi-Rodrigues & Penteado, 1989), como mostarda (6,04), taioba (6,57), couve-chinesa (1,34) e raízes (Heinonen, 1990) de várias cultivares de cenoura (4,6-10,30).

Os níveis de β -caroteno das FFM estudadas são comparáveis aos encontrados em outras folhas verde escuras não-convencionalmente utilizadas, conforme observado para folhas de batata-doce (Almazan et al., 1997) e de amendoim (Almazan & Begum, 1996), secas em estufa a 55 °C, que apresentaram variações de 40-120 mg/100 g MS e de 100-140 mg/100 g, respectivamente.

Na Tabela 4 estão apresentados os teores médios de vitamina C e cinzas das FFM das cinco cultivares, em TIP. Os níveis de vitamina C aumentaram com a maturidade do vegetal, exceto para a 'Ouro do Vale' e a 'Mantiqueira'; enquanto os de cinza diminuíram, exceto para a 'Ouro do Vale' e 'IAC 289-70'. A 'Maracanã' (17 meses) destaca-se com teores mais elevados de vitamina C, sendo que, independente da idade da planta, foi também significativamente superior.

Maiores níveis de vitamina C, aos 17 meses de idade da planta (fase de acúmulo de amido) são contraditórios aos dados relatados por Carvalho et al. (1989). Estes autores observaram, em folhas de mandioca secas em estufa a 45 °C, aumento dos teores até o 14º mês após plantio, seguido de declínio até o 18º mês. Porém, naquele trabalho não houve separação das folhas em relação à maturidade, enquanto que neste trabalho foram somente analisadas as folhas maduras. Entretanto, também Corrêa (2000) encontrou em folhas maduras de mandioca, secas à sombra, maiores níveis de vitamina C (108,62 mg/100 g MS), na fase de acúmulo de amido comparando-se com a fase de desenvolvimento foliar (72,91 mg/100 g MS). As características genéticas das cultivares e diferentes formas de secagem das folhas provavelmente influenciaram os

TABELA 4 Teores médios de vitamina C e cinzas das FFM, em TIP

Cultivares	Vitamina C (mg/100g MS)*				Cinzas (g/100g MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	64,12 bA	50,28 cC	175,42 aB	96,61 B	6,89 abA	7,31 aA	6,58 bA	6,93 A
Maracanã	61,31 cAB	100,93 bA	181,90 aA	114,71 A	6,16 aB	5,61 bC	4,62 cC	5,47 C
MANT.IAC 24-2	67,28 bA	51,61 cC	140,04 aC	86,31 D	6,66 aAB	6,22 abBC	5,89 bB	6,25 B
IAC 289-70	43,64 bC	48,47 bC	94,98 aD	62,36 E	6,49 AB	6,52 B	6,73 A	6,58 AB
Mocotó	55,72 cB	75,14 bB	141,70 aC	90,85 C	6,54 aAB	5,65 bC	5,04 cC	5,74 C
Totais	58,41 c	65,29 b	146,81 a		6,55 a	6,26 b	5,77 c	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

comportamentos distintos com a maturidade do vegetal. Pois, Maeda & Salunkhe (1981), avaliando o percentual de retenção de vitamina C de folhas de mandioca, utilizando várias formas de secagem, em container (150 x 40 x 50 cm) com aeração, fechado à sombra, fechado ao sol e aberto ao sol, observaram percentuais de retenção desta vitamina de 7,7; 4,8 e 5,5%, respectivamente.

A FFM pode ser considerada fonte de vitamina C. Com base no teor médio desta vitamina de 81,88 mg/100 g das FFM analisadas e nas recomendações nutricionais diárias de 40 a 45 mg, para crianças e 60 mg para adultos (RDA, 1989), o consumo de 54,90 e 73,28 g/dia de FFM, respectivamente, para crianças e adultos, seria suficiente para suprir as necessidades diárias.

O teor médio de vitamina C das FFM em estudo, independente do cultivar e idade da planta, foi superior aos encontrados em 100 g de folhas de cenoura (34,93 mg) e beterraba (72,42 mg), secas em estufa a 60 °C (Sartorelli, 1998), porém inferiores aos observados nas folhas de amendoim (293,33 mg) de três cultivares, secas em estufa a 55 °C (Almazan & Begum, 1996).

Os maiores teores de cinzas foram observados aos 12 meses, exceto para a 'Ouro do Vale' e a 'IAC 289-70', que se apresentaram superiores aos 15 e 17 meses, respectivamente.

Os teores de cinzas encontrados neste trabalho (4,62 a 7,31 g/100g MS) estão na faixa de variação relatada em outros trabalhos (3,0 a 9,9 g/100g MS), para as folhas de outras cultivares de mandioca (Barrios & Bressani, 1967; Gómez & Valdivieso, 1985; Ravindran, 1993; Awoyinka et al., 1995; Madruga & Câmara, 2000; Phuc et al., 2000).

Nas Tabelas 5 e 6 estão expressos os teores dos microminerais (ferro, zinco, manganês e cobre) das FFM, das cinco cultivares, em TIP. Constata-se

TABELA 5 Teores médios de ferro e zinco das FFM, em TIP

Cultivares	Ferro (mg/kg MS)*				Zinco (mg/kg MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	212,10 aAB	141,80 bB	120,07 cC	157,99 CD	51,67 bA	67,10 aA	64,10 aA	60,95 A
Maracanã	202,90 aB	125,40 bC	126,00 bBC	151,43 D	42,77 abB	39,97 bC	45,53 aC	42,76 C
MANT.IAC 24-2	218,37 aA	135,37 bBC	139,07 bAB	164,27 BC	43,50 aB	35,80 bC	37,60 bD	38,97 D
IAC 289-70	224,47 aA	203,47 bA	152,17 cA	193,37 A	50,63 A	54,23 B	51,60 B	52,16 B
Mocotó	225,60 aA	132,83 cBC	148,57 bA	169,00 B	52,37 bA	63,20 aA	64,07 aA	59,88 A
Totais	216,69 a	147,78 b	137,17 c		48,19 b	52,06 a	52,58 a	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

⇨

TABELA 6 Teores médios de manganês e cobre das FFM, em TIP

Cultivares	Manganês (mg/kg MS)*				Cobre (mg/kg MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	66,50 cD	165,23 aB	145,70 bC	125,81 D	8,60 aC	8,07 aB	6,07 bC	7,58 C
Maracanã	102,33 cC	168,20 bB	192,87 aA	154,47 B	12,00 bA	9,43 cA	29,10 aA	16,84 A
MANT.IAC 24-2	122,20 bB	138,10 aC	115,03 bE	125,11 D	8,50 aC	7,83 aB	6,00 bC	7,44 C
IAC 289-70	126,30 bB	141,37 aC	128,23 bD	131,97 C	10,07 aB	4,05 cC	7,60 bB	7,24 C
Mocotó	157,97 bA	190,10 aA	163,50 bB	170,52 A	10,30 aB	8,10 bB	7,30 cB	8,57 B
Totais	115,06 c	160,60 a	149,07 b		9,89 b	7,50 c	11,21 a	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

que os níveis de ferro apresentaram tendência de reduzir com a maturidade do vegetal, exceto para a cultivar Mocotó, cujos níveis foram estatisticamente inferiores aos 15 meses. De modo geral, as cultivares apresentaram maiores níveis de zinco aos 17 meses de idade da planta, exceto a 'IAC 289-70' e a 'Ouro do Vale', cujos maiores teores foram encontrados aos 15 meses. Porém, não diferiram significativamente das de 17 meses.

Considerando-se a idade 12 meses, verificam-se os maiores níveis de ferro e zinco para a cultivar Mocotó, porém a 'IAC 289-70' não apresentou diferenças significativas, destacando-se ainda, independente da idade, como a cultivar que possuiu os maiores teores de ferro.

Na literatura científica são descritas as seguintes variações, em mg/kg MS, para o ferro – 61,5 a 270,0 (Ravindran et al., 1992; Awoyinka et al., 1995; Chavez et al., 2000; Madruga & Câmara, 2000) e para o zinco – 30,0 a 63,7 (Ravindran et al., 1992; Chavez et al., 2000; Madruga & Câmara, 2000). Verifica-se que os níveis de ferro, das FFM em estudo, estão incluídos nesta faixa e os de zinco também, exceto para a 'Ouro do Vale' (15 e 17 meses) e Mocotó (17 meses), que se apresentaram superiores. Provavelmente, as cultivares, as idades da planta e a composição química do solo influenciaram nas diferenças observadas.

A recomendação nutricional de ferro para crianças é de 10 mg/dia (RDA, 1989). Portanto, o consumo, em média, de 66 g da FFM, para as cinco cultivares, nas TIP estudadas, seria o suficiente para suprir estas necessidades.

Comparando-se os teores de ferro das FFM analisadas, em mg/kg (107,99 a 205,93), com fontes convencionais de ferro (Franco, 1992), como figado (121,0) e gema de ovo (58,7), constata-se que as FFM são ricas em ferro. Porém, deve ser também levada em consideração a menor absorção do ferro de origem vegetal, estimada em 5 a 10%, enquanto que a de origem animal é de 15 a 30% (Sgarbieri, 1987).

Os maiores níveis de manganês foram observados aos 15 meses, com exceção da cultivar Maracanã, que apresentou os mais elevados aos 17 meses, além de ter se destacado com os maiores de cobre (Tabela 6).

Em outros trabalhos são descritas as seguintes variações, em mg/kg MS, na FFM: 50,3 a 263,0, para o manganês e 6,2 a 50,0, para o cobre (Ravindran et al., 1992; Aletor & Adeogun, 1995; Chavez et al., 2000). Portanto, os teores de manganês e cobre observados nas FFM neste trabalho estão incluídos nesta faixa de variação.

Nas Tabelas 7, 8 e 9 estão descritos os teores médios dos macrominerais, magnésio, cálcio, fósforo, potássio e enxofre, das FFM das cinco cultivares, em TIP. De modo geral, as cultivares apresentaram níveis mais elevados de magnésio, fósforo, potássio e enxofre aos 12 meses, exceto a 'Ouro do Vale' e a 'IAC 289-70'. Com relação ao cálcio os maiores teores foram observados aos 17 meses, exceto para as cultivares Maracanã e Mocotó, que se apresentaram superiores aos 12 e 15 meses, respectivamente.

Independente da idade da planta, a cultivar IAC 289-70 apresentou níveis mais elevados de magnésio e potássio, enquanto a 'Ouro do Vale' se destacou com relação ao cálcio e fósforo e a 'Mocotó' em relação ao enxofre. Todavia, aos 12 meses, a 'Mocotó' e a 'IAC 289-70' não diferiram estatisticamente.

Os teores de magnésio e cálcio das FFM, em g/100 g MS, variaram de 0,16 a 0,35 e 0,98 a 2,21, respectivamente. Comparando-se com os dados das FFM relatados na literatura para o magnésio - 0,26 a 0,97 (Ravindran et al., 1992; Nwokolo, 1987; Chavez et al., 2000; Madruga & Câmara, 2000) e para o cálcio - 0,04 a 1,63 (Barrios & Bressani, 1967; Gómez & Valdivieso, 1985; Ravindran et al., 1992; Aletor & Adeogun, 1995; Awoyinka et al., 1995; Chavez et al., 2000; Madruga & Camara, 2000), observam-se teores inferiores de magnésio e similares de cálcio, exceto para a 'Ouro do Vale' que nas

TABELA 7 Teores médios de magnésio e cálcio das FFM, em TIP

Cultivares	Magnésio (g/100 g MS)*				Cálcio (g/100 g MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	0,19 aB	0,20 aC	0,16 bD	0,18 C	1,95 bA	1,89 bA	2,21 aA	2,02 A
Maracanã	0,20 aB	0,16 bD	0,19 aC	0,18 C	1,20 C	1,18 C	1,15 D	1,18 D
MANT.IAC 24-2	0,20 B	0,19 C	0,20 C	0,20 C	1,60 B	1,58 B	1,61 C	1,59 C
IAC 289-70	0,30 bA	0,32 bA	0,35 aA	0,32 A	1,56 cB	1,67 bB	1,80 aB	1,67 B
Mocotó	0,29 aA	0,26 bcB	0,28 abB	0,27 B	0,98 cD	1,22 aC	1,11 bD	1,10 E
Totais	0,24 a	0,23 c	0,23 bc		1,46 c	1,51 b	1,58 a	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

TABELA 8 Teores médios de fósforo e potássio das FFM, em TIP

Cultivares	Fósforo (g/100 g MS)*				Potássio(g/100 g MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	0,28 bC	0,33 aA	0,28 bA	0,30 A	1,56 aABC	1,63 aA	1,16 bC	1,45 A
Maracanã	0,29 aBC	0,28 aB	0,26 bBC	0,28 B	1,59 aAB	1,31 bC	1,12 cC	1,34 B
MANT.IAC 24-2	0,30 aBC	0,27 bBC	0,26 bABC	0,27 B	1,49 aBC	1,38 bC	1,22 cBC	1,36 B
IAC 289-70	0,31 aB	0,28 bBC	0,24 cC	0,27 B	1,45 bC	1,41 bBC	1,63 aA	1,50 A
Mocotó	0,33 aA	0,26 bC	0,27 bAB	0,29 AB	1,63 aA	1,50 bB	1,27 cB	1,47 A
Totais	0,30 a	0,28 b	0,26 c		1,54 a	1,44 b	1,28 c	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

TABELA 9 Teores médios de enxofre das FFM, em TIP

Cultivares	Enxofre (g/100g MS)*			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	0,33 bD	0,36 aA	0,32 bC	0,34 B
Maracanã	0,38 aC	0,31 bB	0,35 aB	0,35 B
MANT.IAC 24-2	0,38 aBC	0,31 bB	0,32 bC	0,34 B
IAC 289-70	0,41 aAB	0,32 bB	0,28 cD	0,33 B
Mocotó	0,41 aA	0,34 bAB	0,41 aA	0,39 A
Totais	0,38 a	0,33 b	0,34 b	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

TIP apresentou teores mais elevados deste mineral. As diferenças observadas, provavelmente são devidas às cultivares, às idades da planta e aos níveis destes nutrientes no solo.

Os níveis de fósforo e potássio observados nas cinco cultivares de mandioca e nas TIP coincidem com os relatados na literatura para FFM, abrangendo uma variação, em g/100 g MS, de 0,07 a 0,35 de fósforo (Barrios & Bressani, 1967; Gómez & Valdivieso, 1985; Ravindran et al., 1992; Awoyinka et al., 1995; Chavez et al., 2000; Madruga & Camara, 2000) e 0,8 a 1,69 de potássio (Ravindran et al., 1992; Chavez et al., 2000; Madruga & Câmara, 2000).

Chavez et al. (2000) encontraram, nas folhas de 20 clones de mandioca, teores de enxofre de 0,23 a 0,30 g/100 g MS, sendo os mesmos relativamente inferiores aos observados neste trabalho (0,28 a 0,41 g/100 g MS). Os fatores que provavelmente influenciaram as eventuais diferenças são as características genéticas das cultivares, a maturidade do vegetal e os níveis deste nutriente no solo.

Segundo Ravindran (1993), as folhas de mandioca são particularmente ricas em ferro, zinco, manganês, magnésio e cálcio. Isto pode ser comprovado pela Tabela 10. A FFM possui teores mais elevados destes minerais do que

hortaliças folhosas convencionais, sendo, portanto, uma fonte alternativa para suprir as carências alimentares dos minerais.

Na Tabela 11 estão apresentados os teores médios de oxalato e a razão entre cálcio e oxalato das FFM das cinco cultivares, em TIP. Aos 12 meses foram encontrados os menores teores de oxalato, exceto para a cultivar Ouro do Vale. A 'Mocotó' (12 meses) destacou-se com os menores níveis, porém, a 'Maracanã' não diferiu significativamente além de ter apresentado os teores mais baixos, independente da idade da planta.

Corrêa (2000), avaliando diferentes formas de secagem das folhas quanto aos níveis de nutrientes e antinutrientes nas FFM, cultivar Baiana, encontrou menor teor de oxalato com secagem à sombra (por 14 horas) seguida da ao sol (1,76 g/100 g) e mais elevado com secagem em estufa a 40 °C (2,43 g/100g). Já Fonseca (1996), dosando nas folhas de mandioca, secas em estufa a 65 °C, de cinco cultivares tolerantes e cinco suscetíveis ao estresse hídrico, observou variações de níveis de oxalato de 1,35 a 2,88 g/100 g. Estes resultados são similares aos obtidos neste trabalho (1,36 a 2,86 g/100g MS). As variações constatadas devem-se, provavelmente, às cultivares, às idades da planta, às temperaturas de secagem das folhas e à fertilidade do solo.

Somente na cultivar Ouro do Vale, aos 17 meses, foram detectados teores de ácido oxálico (0,88 g/100 g MF) superiores aos do espinafre (0,82 g/100 g MF), descrito como um dos vegetais mais ricos neste antinutriente (Franco, 1992). Comparando-se os teores de oxalato nas FFM analisadas com outras folhas não convencionalmente utilizadas, como, por exemplo, folhas de beterraba (5,83 g/100 g MS), secas em estufa a 60 °C (Sartorelli, 1998) e folhas de batata-doce (2,2 a 4,8 g/100 g MS), secas em estufa a 55 °C (Almazan et al., 1997), constata-se que, de modo geral, são inferiores.

TABELA 10 Comparação de alguns minerais de hortaliças folhosas com as FFM analisadas neste trabalho

Minerais	mg/100 g MF					FFM ³
	Espinafre ¹	Salsa ¹	Couve-comum ²	Agrião ¹	Folhas de brócolis ²	
Ferro	3,80	1,56	1,17		1,65	4,93
Zinco			0,33		0,67	1,50
Manganês			0,57	4,00		4,17
Magnésio	64,00		40,14			67,74
Cálcio		195,00	302,70	168,00		445,87

¹Franco (1992).

²Santos (2000).

³Teores médios, independente do cultivar e idade da planta.

47

TABELA 11 Teores médios de oxalato e razão entre cálcio e oxalato das FFM, em TIP

Cultivares	Oxalato (g/100 g de MS)*				Cálcio** / Oxalato		
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses
Ouro do Vale	2,48 bA	2,22 cB	2,86 aA	2,52 A	0,79	0,85	0,77
Maracanã	1,49 bC	1,61 aE	1,37 cD	1,49 D	0,80	0,73	0,84
MANT.IAC 24-2	1,89 bB	2,02 aC	1,97 abC	1,96 C	0,85	0,78	0,82
IAC 289-70	1,94 bB	2,47 aA	2,53 aB	2,31 B	0,80	0,68	0,71
Mocotó	1,36 bC	1,82 aD	1,38 bD	1,52 D	0,72	0,67	0,80
Totais	1,83 b	2,03 a	2,02 a				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey p≤0,05).

**Teores médios de cálcio encontram-se na Tabela 7

Em um determinado alimento, a relação cálcio/oxalato inferior a 0,44% compromete a absorção do cálcio nele contido (Rondino et al., 1993 citado por Fonseca, 1996). Conforme observado na Tabela 11, todas as cultivares, nas TIP, apresentaram razão de cálcio e oxalato superior a 0,44 g/100 g. Logo, o oxalato presente nas FFM não compromete a absorção do cálcio contido na mesma.

A dose letal de ácido oxálico varia de 2 a 30 g (Libert & Franceschi, 1987), portanto, o consumo máximo seguro, calculado para a cultivar Ouro do Vale, aos 17 meses, que apresentou os maiores níveis desta substância, seria de 77,82 g da FFM. Segundo Savage et al. (2000), não são recomendadas dietas com baixas concentrações de cálcio e altas concentrações de oxalato. Porém, o consumo ocasional de alimentos com altas concentrações de oxalato, como parte de uma dieta balanceada, parecem não apresentar problemas.

Na Tabela 12 estão apresentados os teores médios de nitrato e cianeto, das FFM das cinco cultivares, em TIP. Os teores de nitrato decresceram com a maturidade do vegetal, enquanto que os de cianeto tiveram comportamento oposto. A cultivar 'IAC 289-70' apresentou os menores níveis de nitrato e independente da idade da planta os mais baixos de cianeto.

Os níveis de nitrato encontrados foram inferiores aos descritos por Corrêa (2000) para as folhas de mandioca da cultivar Baiana (160 a 310 mg/100 g MS) secas sob diversas formas, ao sol, à sombra, em estufa a temperaturas de 30 e 40 °C. As diferenças nos níveis deste antinutriente podem ser atribuídas, provavelmente, às cultivares, à idade da planta e, ainda, à adubação do solo, pois, de acordo com Walker (1975) a aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássio leva ao acúmulo de nitrato.

As FFM, independente da cultivar e da idade da planta, apresentaram teores inferiores de nitrato, em mg/100 g MF (ND a 22,05) quando comparadas com cenoura: 48,41 a 92,62 (Tôrres, 1999) e espinafre: 33,9 a 378,2 (Phillips, 1968; Lara & Takahashi, 1982; Rath et al., 1994).

TABELA 12 Teores médios de nitrato e cianeto das FFM, em TIP

Cultivares	Nitrato (mg/100 g MS) ¹			Cianeto (mg/100 g MS) ³			
	12 meses	15 meses	17 meses	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	74,66 ± 0,33	ND ²	ND	11,29 cC	20,93 bA	29,22 aC	20,48 B
Maracanã	74,30 ± 0,09	ND	ND	19,33 bA	18,04 bB	35,02 aA	24,13 A
MANT.IAC 24-2	58,70 ± 0,20	ND	ND	10,80 cC	16,03 bC	34,51 aA	20,45 B
IAC 289-70	43,05 ± 0,24	ND	ND	13,77 B	12,46 D	12,38 D	12,87 C
Mocotó	43,20 ± 0,27	ND	ND	12,53 cBC	20,04 bA	31,63 aB	21,40 B
Totais				13,54 c	17,50 b	28,55 a	

¹Os dados referem-se a média ± desvio padrão de três repetições.

²ND = não detectado.

³Médias seguidas de mesma letras minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey p≤0,05).

A ingestão diária aceitável de nitrato é de 0 a 5 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 1978). Portanto, com base no maior teor observado para as FFM analisadas, 68,06 mg/100 g de farinha (Ouro do Vale, aos 12 meses), para uma pessoa de 70 kg é considerado seguro o consumo máximo de 514 g de FFM. Logo, os níveis deste antinutriente nas FFM estudadas não acarretam intoxicações.

Os níveis de cianeto observados nas FFM, das cinco cultivares, em TIP, estão dentro da faixa relatada em outros trabalhos: 5,3 a 80 mg/100 g MS (Ravindran et al., 1987, Gómez & Valdivieso, 1985; Padmaja, 1989; Awoyinka et al., 1995). Esta ampla variação deve-se, provavelmente, às diferenças genéticas entre as cultivares, às idades da planta, às temperaturas de secagem das folhas, à maturidade das folhas, à fertilidade do solo e ao índice de precipitação pluviométrica.

Teores inferiores de cianeto aos 12 meses coincidiram com o período de estiagem (Figura 1). A mesma influência da falta de chuva na redução de níveis de cianeto já foi registrada na literatura (De Bruijn, 1971, citado por Cooke & De la Cruz, 1982; Gómez & Valdivieso, 1985). Temperaturas inferiores e elevação da umidade relativa do ar do 5º ao 7º dia de secagem (Figura 2), na primeira coleta das folhas (12 meses de idade da planta), foram aspectos determinantes para mantê-las ainda úmidas após transcorridos 10 dias. Como a linamarase se mantém ativa em meio aquoso, estes fatores ambientais, provavelmente, acarretaram maior liberação de cianeto.

Em virtude das diferenças nos teores de cianeto, devido, provavelmente, às variações ambientais durante a secagem das folhas, determinaram-se os teores de cianeto nas folhas frescas e nas FFM, aos 17 meses de idade da planta. Os teores médios, respectivos desvios padrões e percentuais de perdas de cianeto são apresentados na Tabela 13. Os níveis de cianeto nas FFM variaram de 12,38 a 35,02 mg/100 g de MS e o percentual de perdas de cianeto variou de 62,09 a

80,16. Constatase que a cultivar IAC 289-70 apresentou os níveis mais baixos e as maiores perdas de cianeto. Provavelmente, entre outros fatores, as diferenças anatômicas das folhas afetaram a liberação de cianeto. Conforme observado durante a coleta e ilustrado na Figura 1A (Anexo A), a cultivar IAC 289-70 apresenta limbo e pecíolo maiores, o que pode ter contribuído para maior retenção de água, que é um fator determinante para manter a linamarase ativa.

TABELA 13 Teores médios*(mg/100 g MS) de cianeto das folhas frescas e das FFM, aos 17 meses de idade da planta

Cultivares	Folha	FFM	Perdas (%)
Ouro do Vale	95,23±2,62	29,22±1,07	69,32
Maracanã	152,41±3,88	35,02±1,27	77,02
MANT.IAC 24-2	91,04±2,49	34,51±0,66	62,09
IAC 289-70	62,41±3,32	12,38±0,35	80,16
Mocotó	136,55±4,20	31,63±0,46	76,84

*Os dados são as médias ± desvios padrão de três repetições

Corrêa (2000), avaliando várias formas de secagem das folhas de mandioca, cultivar Baiana, encontrou menores teores de cianeto quando secas à sombra. Gómez & Valdivieso (1985) constataram, em folhas de quatro cultivares secas ao sol e em estufa a 60 °C, perdas de cianeto que variaram de 82 a 94% e 68 a 76%, respectivamente. Phuc et al. (2000), analisando seis cultivares, encontraram perdas de 83 a 95% ao secarem as folhas ao sol. Câmara & Madruga (2001) verificaram teores de cianeto de 30,9 e 7,2 mg/100g MS, respectivamente, em folhas de mandioca frescas e secas à sombra, à temperatura ambiente (32 °C). Logo, o percentual de perda foi de 76,7%. Portanto, verifica-

se que dentre os fatores que afetaram a liberação de cianeto, podem-se citar as diferenças inerentes ao cultivar e, provavelmente, as variações na umidade relativa do ar e temperatura.

A dose letal de cianeto oscila entre 0,5 a 3,5 mg/kg de peso corpóreo (Wogan & Marletta, 1993). Para um indivíduo de 70 kg, seria considerado seguro o consumo de, no máximo, cerca de 110 g da FFM de qualquer um das cinco cultivares analisadas, nas TIP, sendo que esta quantidade pode ser considerada relativamente grande, pois a farinha apresenta baixa densidade. Porém, é necessário ressaltar a toxicidade crônica atribuída ao consumo de doses menores de cianeto em um intervalo de tempo maior (Osuntokun, 1981).

Verifica-se que a FFM das cultivares analisadas são classificados como tóxicos por apresentarem, de um modo geral, teores de cianeto acima de 10 mg/100 g de farinha (Ikediobi et al., 1980). Ressalta-se, ainda, que o Instituto Agrônomo de Campinas classifica as raízes de mandioca em mansas, intermediárias e bravas quando elas contêm 10, 10 a 20 e > 20 mg de ácido cianídrico em 100 g de polpa crua, respectivamente (Lorezi & Dias, 1993). Considerando-se que a “multimistura” contém 3% de FFM (Madruga & Câmara, 2000), e supondo que ela fosse preparada utilizando as cultivares analisadas neste trabalho, constata-se que seriam ingeridos, no máximo, 0,94 mg de cianeto, não sendo, portanto, tóxico. Também a adição de uma colher de chá, aproximadamente 2 g, de FFM por refeição (Motta et al., 1994), não acarretaria problemas de toxidez.

Na Tabela 14 mostram-se os teores de polifenóis e a atividade hemaglutinante das FFM, das cinco cultivares, em TIP. Observa-se que, de modo geral, os níveis de polifenóis aumentaram com a maturidade do vegetal, enquanto que a atividade hemaglutinante decresceu, sendo que, aos 17 meses, nas cultivares Mantiqueira, IAC 289-70 e Mocotó não foram detectadas a atividade aglutinante. Com relação aos polifenóis a mesma tendência foi descrita

TABELA 14 Teores médios de polifenóis e atividade hemaglutinante das FFM, em TIP

Cultivares	Polifenóis (mg/g MS) ¹				Hemaglutinina ²		
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses
Ouro do Vale	61,49 bA	52,29 cC	92,31 aB	68,70 B	END ³	ND ⁴	END
Maracanã	43,37 cC	75,31 bA	106,43 aA	75,04 A	1	END	END
MANT.IAC 24-2	48,58 cB	60,51 bB	95,78 aB	68,29 B	0	END	ND
IAC 289-70	47,33 cBC	59,69 bB	71,15 aD	59,39 C	1	END	ND
Mocotó	44,13 cBC	78,86 bA	79,88 aC	67,62 B	0	END	ND
Totais	48,98 c	65,33 b	89,11a				

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

²O resultado indica a maior diluição do extrato que ainda produziu aglutinação visível em sangue (tipo A RH⁺). O número expressa o expoente da base 2, referente à diluição.

³END = extrato não diluído.

⁴ND = não detectado.

por Gómez & Valdivieso (1985).

Os menores teores de polifenóis foram encontrados aos 12 meses para a cultivar Maracanã, porém, não diferiu significativamente da 'Mocotó' e da 'IAC 289-70'. Esta última, independente da idade, apresentou teores significativamente mais baixos.

As variações de níveis de polifenóis encontradas nas FFM estão de acordo com os relatados na literatura, ou seja, 2,1 a 120 mg/100 g MS (Gómez & Valdivieso, 1985; Padmaja, 1989; Awoyinka et al., 1995; Câmara & Madruga, 2001).

A LD₅₀ de ácido tânico para ratos é de 3,5 g/kg de peso corpóreo (Boyd, 1977). Logo, o consumo máximo para uma pessoa de 70 kg é de 2,5 kg, para a FFM que apresentou o maior teor de polifenóis (Maracanã aos 17 meses). Portanto, com relação a este antinutriente, intoxicações agudas são praticamente inexistentes. Todavia, em alguns estudos, tem sido relatada a baixa digestibilidade protéica *in vitro* da FFM, de 15,6 a 42,3% (Awoyinka et al., 1995; Corrêa, 2000), atribuída ao alto teor de fibras e polifenóis, além da presença de inibidores proteolíticos. Corrêa (2000) observou aumento considerável (74,37%) na digestibilidade protéica pela remoção de polifenóis. Portanto, os teores desta substância nas FFM podem comprometer a biodisponibilidade de seus aminoácidos.

Fernandez et al. (1982) observaram aglutinação de solução de eritrócitos em extratos crus de feijão preto, branco e vermelho comum até a diluição 10⁴ e 10⁶. Portanto, as FFM apresentaram valores muito inferiores (ND a 2¹). Contudo, a toxidez é bastante variável entre as espécies vegetais. Por exemplo, a ricina, hemaglutinina do ricino, é muito tóxica (LD₅₀ de 0,05 mg/kg de peso corpóreo), quando comparada com a hemaglutinina das sementes de soja, que apresenta uma toxicidade mil vezes menor (Shibamoto & Bjeldanes, 1996) e com a do tomate (*Lycopersicon esculentum*), que não é tóxica (Naisbett &

Woodley, 1990). Portanto, testes toxicológicos seriam recomendáveis com a hemaglutinina das FFM.

Na Tabela 15 estão descritos os teores médios de inibidor de tripsina e saponina das FFM, das cinco cultivares, em TIP. Os menores níveis de inibidor de tripsina foram encontrados, aos 12 meses, para a cultivar Mocotó, seguidos pelos da 'IAC 289-70'.

Os teores de inibidor de tripsina foram inferiores aos observados por Corrêa (2000) que, estudando a FFM da cultivar Baiana, em estádios de desenvolvimento distintos, encontrou teores de 3,79 UTI/mg MS (fase de acúmulo de amido) e 11,14 UTI/mg MS (fase de desenvolvimento foliar). Provavelmente, essas diferenças são inerentes às cultivares, além da influência da idade da planta. Além disso, as FFM apresentam níveis mais baixos de inibidor de tripsina quando comparados com feijão guandu – 3,69 a 11,42 UTI/mg MS (Barcelos, 1998) e soja – 28,10 a 51,68 UTI/mg MS (Hafez, 1983; Barcelos, 1998).

Em todas as cultivares foram registrados menores teores de saponina aos 12 meses de idade do vegetal. Observou-se aumento dos níveis de saponina com a maturidade do vegetal, para a maioria das cultivares, exceto para a 'IAC 289-70', cujos níveis aos 17 meses foram menores que aos 15 meses. A 'Ouro do Vale' (12 meses) destacou-se com menores teores de saponina e, independente da idade da planta, também apresentou os menores níveis deste antinutriente.

Os níveis de saponina, independente da cultivar e da idade da planta, variaram de 1,74 a 4,73 g/100 g MS. Enquanto, Onwuka (1992), analisando folhas de quatro clones de mandioca, secas em estufa (50 a 60° C), observou variação de 0,18 a 0,25 g/100 g de equivalentes de saponina, quantificando-a por método baseado na hemólise de eritrócitos. Neste trabalho adotou-se método colorimétrico, dosando-se as saponinas esteroidais. As diferenças observadas nos níveis de saponina podem ser em decorrência das metodologias empregadas

TABELA 15 Teores médios de inibidor de tripsina e saponina das FFM, em TIP

Cultivares	Inibidor de tripsina (UTI*/mg MS)**				Saponina (g/100 g MS)**			
	12 meses	15 meses	17 meses	Totais	12 meses	15 meses	17 meses	Totais
Ouro do Vale	2,75 aA	1,88 bC	2,80 aBC	2,47 A	1,74 cD	2,48 bD	3,62 aC	2,61 D
Maracanã	1,09 bC	2,54 aB	2,46 aD	2,03 C	2,28 cC	3,20 bC	4,43 aA	3,30 C
MANT.IAC 24-2	1,48 cB	1,98 bC	2,61 aCD	2,03 C	2,95 cB	3,35 bC	3,61 aC	3,30 C
IAC 289-70	0,86 cD	2,43 bB	2,95 aB	2,08 C	3,13 cB	4,33 aB	4,07 bB	3,84 B
Mocotó	0,57 bE	3,13 aA	3,28 aA	2,32 B	4,41 bA	4,73 aA	4,38 bA	4,50 A
Totais	1,35 c	2,39 b	2,82 a		2,90 c	3,62 b	4,02 a	

*UTI = unidades de tripsina inibida.

**Médias seguidas de mesma letras minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste Tukey $p \leq 0,05$).

para quantificá-la, além da influência das cultivares, das idades da planta e da maturidade das folhas.

Os níveis de saponina das FFM encontram-se na faixa de variação descrita para sementes de soja – 0,07 a 5,1 g/100 g MS (Fenwick & Oakenfull, 1981, 1983; Ireland & Dziedzic, 1985; Shiraiwa et al., 1991). Entretanto, são inferiores aos observados para alfafa - 5,6 g/100g MS e folhas de beterraba - 5,8 g/100 g MS (Fenwick & Oakenfull, 1983).

5 CONCLUSÕES

Das idades da planta estudadas neste trabalho, a de 12 meses destacou-se com níveis mais baixos para a maioria dos antinutrientes (oxalato, cianeto, polifenóis, inibidor de tripsina e saponina) e com os mais elevados para os nutrientes: PB, β -caroteno, cinzas, ferro, magnésio, fósforo, potássio e enxofre. Porém, aos 17 meses de idade da planta, as FFM apresentaram os teores mais elevados de vitamina C, zinco, cálcio e menores de nitrato e atividade aglutinante.

A cultivar IAC 289-70 destacou-se devido aos menores teores de nitrato, cianeto, polifenóis, inibidor de tripsina e, aos 12 meses, os maiores de magnésio e enxofre. Além disso, apresentou níveis apreciáveis de PB, β -caroteno, cinzas, ferro e zinco, pois não diferiu estatisticamente daquelas cultivares com os níveis mais elevados destes nutrientes.

Os maiores níveis de vitamina C e os menores níveis de oxalato são observados para a cultivar Maracanã. Entretanto, ela também apresentou os teores mais elevados de cianeto e polifenóis, que restringem o uso dessa FFM na alimentação humana.

Portanto, a cultivar IAC 289-70, aos 12 meses, é a mais adequada para o preparo da FFM, visando sua utilização na alimentação humana. Todavia, as demais cultivares analisadas, nas TIP, podem ser utilizados na preparação da “multimistura” ou consumidas em quantidades que não causem toxidez.

6 PERSPECTIVAS

A partir das constatações deste trabalho, sugerem-se:

- ✓ o uso de tratamentos térmicos das FFM, em vários tempos e temperaturas, a fim de inativar/reduzir os antinutrientes, verificando também o efeito desses tratamentos sobre os nutrientes e a digestibilidade protéica;
- ✓ investigar a fortificação de alimentos, por exemplo do pão, pela adição das FFM.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEWUSI, S.R.A.; BRADBURY, J.H. Carotenoids in cassava: comparison of open-column and HPLC methods of analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 63, p. 375-383, 1993.

AGRIANUAL 2002 – Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2001. p. 391.

ALESSIO, H.M.; HAGERMAN, A.E.; ROMANELLO, M.; CARANDO S.; THRELKEKD, M.S.; ROGERS, J.; DIMITROVA, Y.; MUHAMMED, S. WILEY, R. L. Consumption of green tea protects rats from exercise-induced oxidative stress in kidney and liver. *Nutrition Research*, Tarrytown, v. 22, p. 1177-1188, 2002.

ALETOR, O.; OSHODI, A.A.; IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food Chemistry*, Oxford, v. 78, p. 63-68, 2002.

ALETOR, V.A.; ADEOGUN, O.A.; Nutrients and anti-nutrient components of some tropical leafy vegetables. *Food Chemistry*, Oxford, v. 53, p. 375-379, 1995.

ALMAZAN, A.M.; BEGUM, F.; JOHNSON, C. Nutritional quality of sweetpotato greens from greenhouse plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, Orlando, v. 10, p. 246-253, 1997.

ALMAZAN, A.M.; BEGUM, F. Nutrients and antinutrients in peanut greens. *Journal of Food Composition and Analysis*, Orlando, v. 9, p. 375-383, 1996.

ANDERSON, R.L.; WOLF, W.J. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 125, p. 581S-588S, 1995.

ARAÚJO, A.C P.; MIDIO, A.F. Nitratos, nitritos e compostos N-nitrosos em alimentos: onde está o problema? *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 41, n. 10, p. 947-956, 1989.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists*. 16. ed. Washington, 1995.

- AWOYINKA, A.F.; ABEGUNDE, V.O.; ADEWUSI, S.R.A.** Nutrient content of young cassava leaves and assessment of their acceptance as a green vegetable in Nigeria. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht, v. 47, p. 21-28, 1995.
- BACCOU, J.C.; LAMBERT, F.; SAUVAIRE, Y.** Spectrophotometric method for the determination of total steroidal sapogenin. *Analyst*, London, v. 102, p. 458-465, 1977.
- BANWELL, J.G.; BOLDT, D.H.; MEYERS, J.; WEBER, F.L.; MILLER, B.; HOWARD, R.** Phytohemagglutinin derived from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*): a cause for intestinal malabsorption associated with bacterial overgrowth in the rat. *Gastroenterology*, New York, v. 84, p. 506-511, 1983.
- BARCELOS, M. de F.P.** Ensaio tecnológico, bioquímico e sensorial de soja e guandu enlatados no estágio verde e maturação de colheita. Campinas: UNICAMP, 1998. 160 p. (Tese – Doutorado em Ciência da Nutrição).
- BARDEAU, W.E.** Nutritional evaluation of experimental weaning foods prepared from green leaves, eanut oil and legume flour. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht, v. 39, p. 381-392, 1989.
- BARRIOS, E.A.; BRESSANI, R.** Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca Manihot. *Turrialba*, San José, v. 17, n. 3, p. 314-320, 1967.
- BARTH, C.A.; LUNDING, B.; SCHMITZ, M.; HAGEMEISTER, H.** Soybean trypsin inhibitor(s) reduce absorption of exogenous and increase loss of endogenous protein in miniature pigs. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 123, p. 2195-2200, 1993.
- BIRK, Y.; PERI, I.** Saponins. In: LIENER, I. E. (Ed.). *Toxic constituents of plant foodstuffs*. 2. ed. New York: Academic Press, 1980, p. 161-180.
- BISHOP, P.D.; PEARCE, G.; BRYANT, J.E.; RYAN, C.A.** Isolation and characterization of the proteinase inhibitor-inducing factor from tomato leaves. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v. 259, p. 13172-13177, 1984.
- BLANCO-APARICIO, C.; MOLINA, M.A.; FERNÁNDEZ-SALAS, E.; FRAZIER, M.L.; MAS, J.M.; QUEROL, E.; AVILÉS, F.X.; LLORENS, R.** de. Potato carboxipeptidase inhibitor, a t-knot protein, is an epidermal growth

factor antagonist that inhibits tumor cell growth. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 273, n.20, p. 12370-12377, 1998.

BORONAT, M.C.T.; PADRÓS, R.B.; ALONSO, M.I. Nitratos y nitritos en la alimentación infantil: riesgos de sua ingesta. **Alimentaria**, Madrid, v. 19, n. 133, p. 31-35, 1982.

BOYD, E.M. **Toxicity of pure foods**. Cleveland: CRC PRESS, 1977. 260 p.

BRANDÃO, C.T.; BRANDÃO, R.F. **Alternativas alimentares**. Brasília: CNBB – Pastoral da Criança, 1989. 51 p.

CÂMARA, F. S.; MADRUGA, M.S. Cyanic acid, phytic acid, total tannin and aflatoxin contents of a Brazilian (Natal) multimistura preparation. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 33-36, 2001.

CARVALHO, V.D. de; CHAGAS, S.J.R.; MORAIS, A.R. de; PAULA, M.B. de. Efeito da época de colheita na produtividade e teores de vitamina C e β -caroteno da parte aérea de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 25- 35, 1989.

CARVALHO, V.D. de; KATO, M. do S.A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 23-28, 1987.

CARVALHO, V.D. de; PAULA, M.B. de; JUSTER-JÚNIOR, E.S.G. Efeito da época de colheita no rendimento e composição química de fenos da parte aérea de dez cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 41, p. 43-59, 1985.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNG, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.

CHAVEZ, A.L.; BEDOYA, J.M.; SÁNCHEZ, T.; IGLESIAIS, C.; CEBALLOS, H.; ROCA, W. Iron, carotene, and ascorbic acid in cassava roots and leaves. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 21, n. 4, p. 410-413, 2000.

CHEEKE, P.R. Nutritional and physiological properties of saponins. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 13, p. 315-323, 1976.

CHEN, S.C.; CHUNG, K.T. Mutagenicity and antimutagenicity studies of tannic acid and its related compounds. **Food and Chemical Toxicology**, Elmsford, v. 38, p. 1-5, 2000.

CHUNG, K.T.; WONG, T.Y.; WEI, C.I.; HUANG, Y.W.; LIN, Y. Tannins and human health: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, n. 6, p. 421-464, 1998.

CONN, E.E. Cyanogenic compounds. **Annual Reviews Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p. 433-451, 1980.

COOKE, R.D.; De la CRUZ, E.M. The changes in cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tissues during plant development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v.33, p. 269-275, 1982.

CORRÊA, A.D. Farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. Baiana) – efeito de processamentos sobre alguns nutrientes e antinutrientes. Lavras: UFLA, 2000. 108 p. (Tese - Doutorado em Ciência de Alimentos).

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T.M.; LEWIS, N.G. Natural products: secondary metabolites. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONER, R. (Ed.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Berkeley: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1250-1318.

CZAJKA-NARINS, D.M. Minerals. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia, 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. p. 123-166.

DUNN, J.E. Cancer epidemiology in populations of the United States – with emphasis on Hawaii and California – and Japan. **Cancer Research**, Baltimore, v. 35, p. 3240-3245, 1975.

DURIGAN, J.F.; SGARBIERI, V.C. Antinutritional factors and toxicity in raw dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) of 12 Brazilian cultivars. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 11, p. 185-200, 1987.

DUTT, M.C.; LIM, H.Y. Nitrate consumption and the incidence of gastric cancer in Singapore. **Food and Chemical Toxicology**, Elmsford, v. 25, n.7, p. 515-520, 1987.

EGGUM, O.L. The protein quality of cassava leaves. **British Journal of Nutrition**, New York, v. 24, p. 761-769, 1970.

EHEART, J.F.; MASSEY, P.H. Factors affecting the oxalate content of spinach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 10, p. 325-327, 1962.

ELBE, J.H. von; SCHWARTZ, S.J. Colorants. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). **Food Chemistry**. 3. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 651-722.

FABOYA, O.O. The interaction between oxalic acid and divalent ions – Mg^{2+} , Zn^{2+} and Ca^{2+} in aqueous medium. **Food Chemistry**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 179-187, 1990.

FASSET, D.W. Oxalates. In: COMMITTEE ON FOOD PROTECTION. **Toxicants occurring naturally in foods**. 2. ed. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 346-352.

FENWICK, D.E.; OAKENFULL, D. Saponin content of soya beans and some commercial soya bean products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, p. 273-278, 1981.

FENWICK, D.E.; OAKENFULL, D. Saponin content of food plants and some prepared foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 34, p. 186-191, 1983.

FERNÁNDEZ, R.; ELIAS, L.G.; BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. Trypsin inhibitors and hemagglutinins in beans (*Phaseolus vulgaris*) and their relationship with the content of tannins and associated polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 30, p. 734-739, 1982.

FIGUEROA, M.; LAJOLO, F.M. Effect of chemical modification of *Phaseolus vulgaris* lectins on their biological properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 45, p. 639-643, 1997.

FONSECA, H.M.T. Composição química de folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico. Piracicaba: ESALQ, 1996. 90 p. (Dissertação – Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas).

FRANCO, G.V.E. Tabela de composição química dos alimentos. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 230 p.

FRIEDMAN, M.; BRANDON, D.L. Nutrition and health benefits of soy proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 49, n. 31, p. 1069-1086, 2001.

GARTHOFF, L.H.; HENDERSON, G.R.; SAGER, A.O. SOBOTKA, T.J.; O'DELL, R.; THORPE, C.W.; TROTTER, W.J.; BRUCE, V.R.; DALLAS, H.L.; POELMA, P.L.; SOLOMON, H.M.; BIER, J.W.; O'DONNELL Jr., M.W.; CHI, R.K.; CHIRTEL, S.J.; BARTON, C.N.; BROWN, L.H.; FRATTALI, V.P.; KHAN, M.A. The autosow raised miniature swine as a model for assessing the effects of dietary soy trypsin inhibitor. *Food and Chemical Toxicology*, Elmsford, v. 40, p. 487-500, 2002.

GESTETNER, B.; ASSA Y.; HENIS Y.; BIRK, Y.; BONDI, A. Lucerne saponins IV - relationship between their chemical constitution, and haemolytic and antifungal activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 22, p. 168-172, 1971.

GÓMEZ, G.; NOMA, A.T. The amino acid composition of cassava leaves, foliage, root tissues and whole-root chips. *Nutrition Reports International*, Los Altos, v. 33, n. 4, p. 595-601, 1986.

GÓMEZ, G.; VALDIVIESO, M. Cassava foliage: chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Chichester, v. 36, p. 433-441, 1985.

GÓMEZ, G.; VALDIVIESO, M.; NOMA, A. T. The influence of cultivar and plant age on the chemical composition of field-grown cassava leaves and roots. *Qual. Plant Foods Hum. Nutr.*, Dordrecht, v. 35, p. 109-119, 1985.

GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.

GONZÁLES, G. 50 milhões passam fome. 2001. Disponível em: <<http://www.tierremerica.net/2001/0506/particula.shtml>>. Acesso em: 20 out. 2002.

GREGORY, F.J. Vitamins. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). *Food chemistry*. 3. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 531-616.

GUIL, J.L.; TORIJA, M.E.; GIMÉNEZ, J.J.; RODRIGUEZ-GARCIA, I; GIMÉNEZ, A. Oxalic acid and calcium determination in wild edible plants.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, London, v. 44, p. 1821-1823, 1996.

GUMBMANN, M.R.; DUGAN, G.M.; SPANGLER, W.L.; BAKER, E.C.; RACKIS, J.J. Pancreatic response in rats and mice to trypsin inhibitors from soy and potato after short and long term dietary exposures. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 119, p. 1598-1609, 1989.

HAFEZ, Y.S. Nutrient composition of different varieties and strains of soybean. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 28, p. 1197-1206, 1983.

HEINONEN, M.I. Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus carota* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 38, p. 609-612, 1990.

HILDER, V.A.; GATEHOUSE, A.M.R.; SHEERMAN, S.E.; BARKER, R.F.; BOULTER. A novel mechanism of insect resistance engineered into tobacco. **Nature**, London, v. 330, p. 160-163, 1987.

HILL, A.J.; PEIKIN, S.R.; RYAN, C.A.; BLUNDELL, J.E. Oral administration of proteinase inhibitor II from potatoes reduces energy intake in man. **Physiology and Behavior**, Elmsford, v. 48, p. 241-246, 1990.

HOU, W.C.; CHEN, Y.C.; CHEN, H.J.; LIN Y.H.; YANG, L.L.; LEE, M.H. Antioxidant activities of trypsin inhibitor, a 33 kDa root storage protein of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 49, p. 2978-2981, 2001.

IKEDILOBE, C.O.; ONYIA, G.O.C.; ELUWAH, C.E. A rapid and inexpensive enzymatic assay for total cyanide in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and cassava products. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 44, n. 12, p. 2803-2809, 1980.

IKEDO, S.; SHIMOYAMADA, M.; WATANABE, K. Interaction between bovine serum albumin and saponin as studied by heat stability and protease digestion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 44, p. 792-795, 1996.

IRELAND, P.A.; DZIEDZIC, S.Z. Analysis of soybean sapogenins by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 325, p. 275-281, 1985.

JAFFÉ, W.G. Hemagglutinins. In: **LIENER, I.E.** Toxic constituents of plant foodstuffs. 2. ed. New York : Academic Press, 1980. p. 73-98.

JAYNE-WILLIAMS, D.J.; BURGESS, C.O. Further observations on the toxicity of navy beans for Japanese quail. **Journal Applied Bacteriology**, v. 37, p. 149-154, 1974.

JAYNE-WILLIAMS, D.J.; HEWITT, D. The relationship between the intestinal microflora and the effects of diets containing raw navy beans on the growth of Japanese quail. **Journal Applied Bacteriology**, v. 35, p. 331-335, 1972.

JOHNSON, I.T.; JENNIFER, G.M.; PRICE, K.; CURL, C.; FENWICK, G.R. Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro. **Journal of Nutrition, Bethesda**, v. 116, p. 2270-2277, 1986.

KAKADE, M.L.; DANNY, E.H.; LIENER, I.E. Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. **Journal of Nutrition, Bethesda**, v. 103, p. 1772-1778, 1973.

KAKADE, M.L.; RACKIS, J.J.; MCGHEE, J.E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry, St Paul**, v. 51, p. 376-382, 1974.

KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry, St Paul**, v. 46, p. 518-526, 1969.

KAKADE, M.L.; SIMONS, N.R.; LIENER, I.E.; LAMBERT, J.W. Biochemical and nutritional assessment of different varieties of soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, London**, v. 20, p. 87-96, 1972.

KOJIMA, M.; IWATSUKI, N.; DATA, E.S.; VILLEGAS, C.D.V.; URITANI, I. Changes of cyanide content and linamarase activity in wounded cassava roots. **Plant Physiology, Rockville**, v. 72, p. 186-189, 1983.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, London**, v. 32, p. 447-453, 1984.

LANCASTER, P.A.; BROOKS, J.E. Cassava leaves as human food. **Economic Botany, New York**, v. 37, n. 3, p. 331-348, 1983.

LARA, W.H.; TAKAHASHI, M.Y. Níveis de nitrato em hortaliças. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 42, p. 53-57, 1982.

LÁSZTITY, R.; HIDVÉGI, M.; BATA, A. Saponins in food. *Food Reviews International*, New York, v. 14, n. 4, p. 371-390, 1998.

LEHNINGER, A.L. *Princípios de bioquímica*. Tradução: W. R. Loodi e A. A. Simões. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p. Título original: *Principles of biochemistry*.

LEITE, J.I.A. *Fisiologia e metabolismo da nutrição*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 92 p.

LIBERT, B.; FRANCESCHI, V.R.; Oxalate in crop plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 35, p. 926-938, 1987.

LIEBEREI, R.; SELMAR, D.; BIEHL, B. Metabolization of cyanogenic glycosides in *Hevea brasilienses*. *Plant Syst. Evol.*, Viena, v. 150, p.46-63, 1985.

LIENER, I.E.; KAKADE, M.L. Protease inhibitors. In: LIENER, I.E. (Ed.). *Toxic constituents of plant foodstuffs*. 2.ed. New York: Academic Press, 1980. p. 7-71.

LINDNER, E. *Toxicología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1995. 262 p.

LOREZI, J.O.; DIAS, C.A.C. Cultura da mandioca. *Boletim Técnico CATI*, Campinas, n. 211. p. 41, 1993.

LOURES, A.; JOKL, L. Microtécnica para determinação de ácido oxálico em folhas e derivados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS,6, Curitiba,1990. Resumos ... Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 1990. p. 59.

MADRUGA, M.S.; CÂMARA, F.S. The chemical composition of "multimistura" as a food supplement. *Food Chemistry*, Oxford, v. 68, p. 41-44, 2000.

MAEDA, E.E.; SALUNKHE, D.K. Retention of ascorbic acid and total carotene in sober dried vegetables. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 46, p. 1288-1290, 1981.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998, 1179 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MASSEY, L.K.; ROMAN-SMITH, H.; SUTTON, R. Effect of dietary oxalate and calcium on urinary oxalate and risk of formation of calcium oxalate kidney stones. *Journal of the American Dietetic Association*, Chicago, v. 16, p. 901-906, 1993.

MASSEY, L.K.; PALMER, R.G.; HORNER, H.T. Oxalate content of soybean seeds (*Glycine max.* Leguminosae), soyfoods, and other edible legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 49, p. 4262-4266, 2001.

MATUSCHEK, E.; SVANBERG, U. Oxidation of polyphenols and the effect on *in vitro* iron accessibility in a model food system. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 67, n. 1, p. 420-424, 2002.

McGUINNESS, E.E.; MORGAN, R.G.H.; LEVISON, D.A.; FRAPE, D.L.; HOPWOOD, D.; WORMSLEY, K.G. The effects of long-term feeding of soya flour on the rat pancreas. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, Oslo, v. 15, p. 497-502, 1980.

McGUINNESS, E.E.; MORGAN, R.G.H.; LEVISON, D.A.; FRAPE, D.L.; HOPWOOD, D.; WORMSLEY, R.G. Interaction of azaserine and raw soya flour on the rat pancreas. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, Oslo, v. 16, p. 49-56, 1981.

MILLER, D.D. Minerals, In: FENEMA O.R. (Ed.). *Food Chemistry*. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1996, p. 617-649.

MINAZZI-RODRIGUES, R.S.; PENTEADO, M. de V.C. Carotenóides com atividade pró-vitamina A em hortaliças folhosas. *Revista de Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 39-52, 1989.

MOHAMED, Al - M.; MOLHAM, Al - H.; ABDULWALI, Al - A.; ABULKARIM, Al - O. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. *Nutrition Research*, Tarrytown, v. 21, n. 10, p. 1393-1401, 2001.

MONTGOMERY, R.D. Cyanogens. In: LIENER, I.E. (ed.). **Toxic constituents of plants foodstuffs**, 2 ed. New York: Academic, 1980, p. 143-157.

MOTTA, J.S.; FUKUDA, W.G; COSTA, Z.M. Farinha da folha de mandioca: uma alternativa como complemento alimentar. **Mandioca em Foco**, v. 4, p. 1-2, 1994.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomatoes fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

NAISBETT, B.; WOODLEY, J. Binding of tomato lectin to the intestine mucosa and its potential for oral drug delivery. **Biochemical Society Transaction**, London, v. 18, p. 879-882, 1990.

NAKAGAWA, T.; YOKOZAWA, T.; TERASAWA, K.; SHU, S.; JUNEJA, L.R. Protective activity of green tea against free radical and glucose-mediated protein damage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 50, p. 2418-2422, 2002.

NAVES, M.M.V.; MORENO, F.S. β -carotene and cancer chemoprevention: from epidemiological associations to cellular mechanisms of action. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 18, n. 10, p. 1807-1824, 1998.

NWOKOLO, E. Leaf meals from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Siam weed (*Eupatorium odoratum* L.) as nutrient sources in poultry diets. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 36, p. 819-826, 1987.

OKE, O.L. Problems in the use of cassava as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 3, p. 345-380, 1978.

OLMEDO, R.G.; BOSCH, N.B. Aspectos toxicológicos de la presencia de nitratos y nitritos en los productos hortícolas cocidos y en su agua de cocción. **Alimentaria**, Madrid, v. 25, p. 71-75, 1988.

OMS - ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y sustancias tóxicas naturales. 39º informe del comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios. Ginebra, 1992. 50 p.

ÖNNING, G.; ASP, N.G. Effect of oat saponins and different types of dietary fibre on the digestion of carbohydrates. **British Journal of Nutrition**, New York, v. 74, p. 229-337, 1995.

ONWUKA, C.F.I. Tannins and saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 69, n. 2, p. 176-180, 1992.

OSUNTOKUM, B.O. Cassava diet, chronic cyanide intoxication and neuropathy in Nigerian Africans. *World Rev. Nutr. Dietet.*, v. 36, p. 141-173, 1981.

PADMAJA, G. Evaluation of techniques to reduce assayable tannin and cyanide in cassava leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 37, p. 712-716, 1989.

PARKER, R.S. Bioavailability of carotenoids in human blood and tissues. *European Journal of Clinical Nutrition*, London, v. 51 (suppl.), S86-S90, 1997.

PARK, S.Y.; BOK, S.H.; JEON, S.M.; PARK, Y.B.; LEE, S.J.; JEONG, T.S.; CHOI, M.S. Effect of rutin and tannic acid supplements on cholesterol metabolism in rats. *Nutrition Research*, Tarrytown, v. 22, p. 283-295, 2002.

PEDROSO, M.A.M. Ingestão potencial de nitrato e de nitrito através das refeições oferecidas pelos restaurantes universitários da UNICAMP. Campinas: UNICAMP, 1993. 102 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).

PESQUISA nacional sobre demografia e saúde. Rio de Janeiro: BEFAM, 1996. cap. 9. p. 125-138.

PELLETT, P.L.; YOUNG, V.R. Nutritional evaluation of protein foods. Tokio: The United Nations University, 1980. 154 p.

PHILLIPS, W.E.J. Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 16, n.1, p. 88-91. 1968.

PHUC, B.H.N.; OGLE, B.; LINDBERG J.E. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meals based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 83, p. 223-235, 2000.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

POULTON, J.E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 94, p. 401-405, 1990.

PRAWAT, H.; MAHIDOL, C.; RUCHIRAWAT, S.; PRAWAT, U.; TUNTIWACHWUT-TIKUL, P.; TOOPTAKONG, U.; TAYLOR, W.C.; PAKAAWATHAI, C.; SKELTON, B.W.; WHITE, A.H. Cyanogenica and non-cyanogenic glycosides from *Manihot esculenta*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 40, p. 1167-1173, 1995.

PUSZTAI, A.; CLARKE, E.M.; GRANT, G.; KING, T.P. The toxicity of *Phaseolus vulgaris* lectin. Nitrogen balance and immunochemical studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, p. 1037-1046, 1981.

RAO, A.V.; SUNG, M.K. Saponins as anticarcinogens. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, n. 3, p. 717S-724S, 1995.

RATH, S.; XIMENES, M.I.N.; REYES, F.G.R. Teor de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 126-130. 1994.

RAVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 61, p. 141-150, 1993.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T.; RAJAGURU, A.S.B. Influence of processing methods and storage time on the cyanide potential of cassava leaf meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 17, p. 227-234, 1987.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T.; WEBB K. E. RAJAGURU, A.S.B. Nutrient characterization of some feedstuffs of Sri Lanka. **Journal of the Agricultural Society of Ceylon**, v. 19, p. 19-32, 1992.

RAVINDRAN, V.; RAJAGURU, A.S.B. Effect of stem pruning on cassava root yield and leaf growth. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 25, p. 32-37, 1988.

RAVINDRAN, G.; RAVINDRAN, V. Changes in the nutritional composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves during maturity. **Food Chemistry**, Oxford, v. 27, p. 299-309, 1988.

- RDA – Recommended Dietary Allowances. 10 th ed. Washington, D.C., Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS, 1989.
- REED, J.D.; McCOWELL, R.E.; VAN SOEST, P.J.; HORVATH, P.J. Condensed tannins: a factor limiting the use of cassava forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 33, p. 213-220, 1982.
- RICHARDSON, M. The proteinase inhibitors of plants and micro-organisms. *Phytochemistry*, Oxford, v.16, p. 159-169, 1977.
- ROCHA, C. Urban food security policy: the case of Belo Horizonte, Brazil. *Journal for the Study of Food and Society*, Toronto, v. 5, p. 36 – 47, 2001.
- ROGERS, D.J.; MILNER, M. Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. *Economic Botany*, New York, v. 17, p. 211-216, 1963.
- ROSS, E.; ENRIQUES, F.Q. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Science*, Champaign, v. 48, n. 3, p. 846-853, 1969.
- SÁNCHEZ-MORENO, C. Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación. Presencia en alimentos y consumo. Biodisponibilidad y metabolismo. *Alimentaria*, Madrid, v. 42, p. 19-27, jan./fev. 2002.
- SANTOS, C.D. dos. Fisiologia e bioquímica da digestão em *Erinnyis ello* (Lepoptera: Sphingidae). São Paulo: USP, 1985. 178 p. (Tese – Doutorado em Bioquímica).
- SANTOS, M.A.T. dos. Caracterização química das folhas de brócoli e couve-flor (*Brassica oleracea* L.) para utilização na alimentação humana. Lavras: UFLA, 2000, 96 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SARTORELLI, C.S. do C. Caracterização química da parte aérea de cenoura (*Daucus carota*) e beterraba (*Beta vulgaris*), visando ao aproveitamento na alimentação humana. Lavras: UFLA, 1998. 98 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SAVAGE, G.P.; VANHANEN, L.; MASON, S.M.; ROSS, A.B. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, Orlando, v. 13, p. 201-206, 2000.

SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M.L. Saponina. In: SIMÕES, C.M. O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.D.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. (Ed.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2001. p. 597-705.

SCRIMSHAW, N.S. Iron deficiency. *Scientific American*, v. 265, n. 1, p. 46-52, 1991.

SELMAR, D.; LIEBEREI, R.; BIEHL, B. Mobilization and utilization of cyanogenic glycosides. The linustatin pathway. *Plant Physiology*, Rockville, v. 86, n. 3, p. 711-716, 1988.

SGARBIERI, V.C. *Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SGARBIERI, V.C. *Proteínas em alimentos: propriedades, degradação, modificações*. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SHIBAMOTO, T.; BJELDANES, L.F. *Introducción a la toxicología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1996. 203 p.

SHIRAIWA, M.; HARADA, K.; OKUBO, K. Composition and content of saponins in soybean seed according to variety, cultivation year and maturity. *Agricultural and Biological Chemistry*, Tokyo, v. 55, p. 323-331, 1991.

SIDHU, G.S.; OAKENFULL, D.G. A mechanism for the hypocholesterolaemic activity of saponins. *British Journal of Nutrition*, New York, v. 55, p. 643-649, 1986.

STARK, A.; MADAR, Z. The effect of an ethanol extract derived from fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) on bile acid absorption and cholesterol levels in rats. *British Journal of Nutrition*, New York, v. 69, p. 277-287, 1993.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. *Analises de vitaminas: métodos comprovados*. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUNG, M.K.; KENDALL, C.W.; RAO, A.V. Effect of soybean saponins and gypsophila saponin on morphology of colon carcinoma cells in culture. *Food and Chemical Toxicology*, Elmsford, v. 33, p. 357-366, 1995.

- TAKYI, E.E.K. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinal. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 129, p. 1549-1554, 1999.
- THOMPSON, L.U.; RAMONA, L.R.; JENKINS, D.J.A. Effect of heat processing on hemagglutinin activity in red kidney beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 48, p. 235-236, 1983.
- THOMPSON, L.U.; TENEBBAUM, A.V.; HUI, H. Effect of lectins and the mixing of proteins on rate of protein digestibility. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 51, n. 1, p. 150-152, 1986.
- TÔRRES, A.N.L. **Produção e qualidade de variedades de repolho e cenoura.** Viçosa: UFV, 1999. 72 p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- TURNER, R.H.; LIENER, I.E. The effect of the selective removal of hemagglutinins on the nutritive value of soybeans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 23, p. 484-487, 1975.
- WALKER, R. Naturally occurring nitrate / nitrite in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Chichester, v. 26, p. 1735-1742. 1975.
- WEST, G.L.; GREGER, J.L.; WHITE A.; NONNAMAKER, B.J. *In vitro* studies on saponin-mineral complexation. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 43, p. 1342-1343, 1978.
- WOGAN, G.N.; MARLETTA, M.A. Componentes perjudiciales o potencialmente perjudiciales de los alimentos. In: FENNEMA, O. R. *Química de los alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 775-811.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Nitrates, nitrites, and N-nitroso compounds. *Environmental Health Criteria*. 5. ed. Geneva, 1978. 107 p.
- WOOD, T. The isolation, properties, and enzymic breakdown of linamarin from cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 17, p. 85-90, 1966.
- YEOH, H.H.; CHEW, M.Y. Protein content and amino acid composition of cassava leaves. *Phytochemistry*, Oxford, v. 15, p. 1597-1599, 1976.
- ZDUNCZYK, Z.; FREJNAGEL, S.; WROBLEWSKA, M.; JUSKIEWICZ, J.; OSZMIANSKI, J.; ESTRELLA, I. Biological activity of polyphenol extracts

from different plant sources. **Food Research International**, Essex, v. 35, p. 183-186. 2002.

ANEXOS

ANEXO A		Página
FIGURA 1A	Folhas de mandioca dos cultivares Ouro do Vale (a), Maracanã (b), Mantiqueira (c), IAC 289-70 (d) e Mocotó (e), coletadas aos 17 meses de idade da planta.....	78
FIGURA 2A	Bandeja de papel para secagem com as folhas do cultivar Mocotó, aos 17 meses de idade da planta.....	78
FIGURA 3A	Armazenamento da FFM, cultivar Maracanã, aos 15 meses de idade da planta.....	79

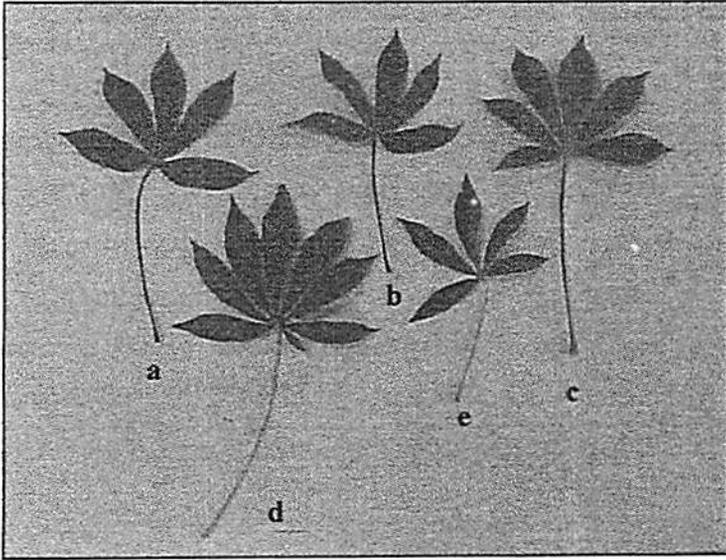


FIGURA 1A Folhas de mandioca das cultivares, Ouro do Vale (a), Maracanã (b), Mantiqueira (c), IAC 289-70 (d) e Mocotó (e), coletadas aos 17 meses de idade da planta

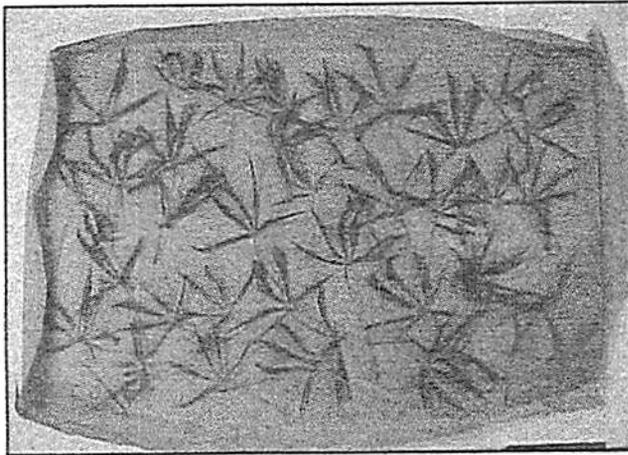


FIGURA 2A Bandeja de papel para secagem com as folhas da cultivar Mocotó, aos 17 meses de idade da planta

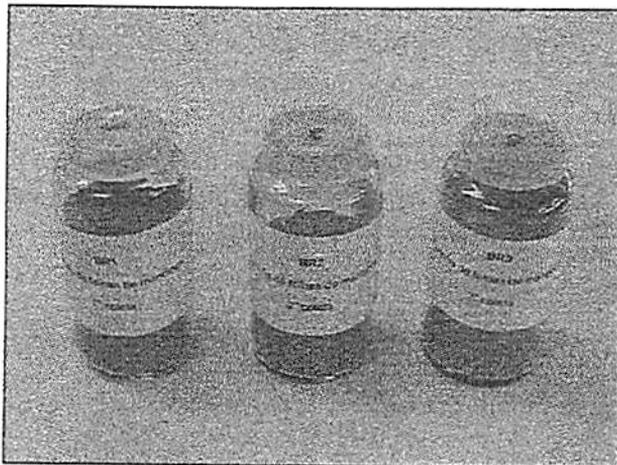


FIGURA 3A Armazenamento da FFM, cultivar Maracanã, aos 15 meses de idade da planta

TABELA 1B	Resumo da análise de variância da umidade das folhas e das FFM e alguns nutrientes das FFM, em TIP.....	81
TABELA 2B	Resumo da análise de variância dos minerais das FFM, em TIP.....	81
TABELA 3B	Resumo da análise de variância dos antinutrientes das FFM, em TIP.....	82

TABELA 1B Resumo da análise de variância da umidade das folhas e das FFM e alguns nutrientes das FFM, em TIP

QM		GL	Umidade folhas	Umidade FFM	PB	β - caroteno	Vitamina C	Cinzas
Cultivar (C)	4	6,88**	2,024**	3,911**	837,187**	3222,881**	3,192**	
Idade (I)	2	0,108 ^{NS}	2,547**	305,600**	18176,966**	36265,336**	2,307**	
C x I	8	2,467**	1,360**	15,474**	133,557**	1094,580**	0,534**	
Resíduo	30	0,362	0,167	1,049	14,304	6,384	0,069	
CV (%)		0,85	4,46	3,64	4,30	2,80	4,25	

NS/** Teste F não significativo, significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2B Resumo da análise de variância dos minerais das FFM, em TIP

QM		GL	Fe	Zn	Mn	Cu	Mg	Ca	P	K	S
FV											
C	4	2317,434**	882,042**	3636,037**	152,638**	0,037**	1,272**	0,001**	0,041**	0,005**	
I	2	27959,444**	86,436**	8408,407**	53,250**	0,0005*	0,054**	0,006**	0,264**	0,012**	
C x I	8	770,548**	81,070**	1967,374**	83,675**	0,001**	0,032**	0,002**	0,072**	0,004**	
Resíduo	30	36,683	3,288**	16,081	0,120	0,0001	0,003	0,000	0,002	0,0002	
CV (%)		3,62	3,56	2,83	3,63	4,75	3,58	3,12	3,26	3,82	

*/** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3B Resumo da análise de variância dos antinutrientes das FFM, em TIP

FV	GL	QM				
		Cianeto	Polifenóis	Oxalato	Inib. Típsina	Saponina
C	4	157,895**	2,024**	1,915**	0,370**	4,478**
I	2	907,394**	2,547**	0,188**	8,589**	4,824**
C x I	8	86,733**	1,360**	0,175**	1,421**	0,745**
Resíduo	30	0,560	0,167	0,003	0,008	0,011
CV (%)		3,77	4,46	2,99	4,11	2,93

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.