

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE FOLHAS E PARTE
AÉREA DA MANDIOCA (*Manihot esculenta Crantz*)**

JANAINA LIMA DA SILVA

**CASCADEL – Paraná – Brasil
Julho – 2007**

JANAINA LIMA DA SILVA

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE FOLHAS E PARTE
AÉREA DA MANDIOCA (*Manihot esculenta Crantz*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.**

Orientadora: Professora Dr^a. Simone
Damasceno Gomes

Co-Orientadora: Professora Dr^a. Sílvia
Renata Machado Coelho

CASCADEL - PARANÁ

2007

JANAINA LIMA DA SILVA

**OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE FOLHAS E PARTE
AÉREA DA MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof^a. Dra. Simone Damasceno Gomes
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof^a. Dra. Carla Rosane Paz Arruda Teo
Centro de Ciências da Saúde, UNOCHAPECÓ

Prof^a. Dra. Luciane Sene
Centro de Ciências Médicas e Farmacêuticas, UNIOESTE

Cascavel, 17 de julho de 2007.

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais,

Susan e Carlos

Pela dedicação ao longo da minha vida, responsáveis por grande parte de meu processo de amadurecimento, pelo livre arbítrio que me foi dado sempre e pelos ensinamentos a respeito do Universo. Sem eles não enxergaria o mundo por um prisma tão amplo. Ao amor incondicional e recíproco, dedico aos meus fantásticos amigos.

Ao meu irmão Rafael

Pela união mais do que fraternal, pela igualdade de alma. O aprendizado, os erros, encontros e desencontros em minha caminhada jamais teriam ocorrido de forma tão serena se este ser não fosse tão presente em minha vida.

Ao meu namorado e amigo Rafael

Pelo amor, dedicação, compreensão e por ter ocorrido em minha existência no melhor momento. Por nossas igualdades, por nossas diferenças, pelo entendimento mútuo, pela comunicação tão clara e simples do bem querer.

Aos meus grandiosos e preciosos amigos

Pelo entendimento das minhas ausências em nossos tão saudáveis encontros semanais de risoterapia, dos telefonemas não gerados, e-mails e mensagens não respondidos, devo a vocês também a subida dos degraus em minha caminhada evolutiva.

Às minhas primas Michelli e Caroline

Pela infância bem vivida, e pelo amadurecimento sempre em fase de ascensão, dedico o nosso sucesso como seres humanos, fazendo parte como um todo desse maravilhoso mundo em que vivemos, apaixonadas pela vida.

Ao Criador do Universo

Este que rege nosso impalpável tempo e que acredito nesta força superior pelo simples fato de existir, de ver o que há de belo no mundo, da natureza em sua majestade e do amor que se espalha quando o semeamos.

AGRADECIMENTOS

À Orientadora Professora Dr^a.Simone Damasceno Gomes, pela orientação prestada, sem contar na cordialidade com que me recebeu como orientada e pelo carinho e compreensão como ser humano.

À Co-Orientadora Professora Dr^a.Sílvia Renata Machado Coelho, pela fundamental colaboração nos procedimentos analíticos, pelo grande apoio prestado quando necessitei e pelo aceite da co-orientação.

À Janete Evarini, pelo auxílio na integralidade do experimento e pela amizade conquistada ao longo deste período.

À Priscila Ferri, colega de mestrado e amiga de trabalho, pela essencial ajuda na organização de idéias e cálculos do experimento.

À Caroline Iost, colega de mestrado e amiga, pelo apoio e atenção em muitos momentos que necessitei na escrita do trabalho.

Ao colega Mauro Crepali, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao meu gestor do Setor de Toxicologia do Laboratório, Dr. Fabiano Henrique Mateus, pela compreensão em minhas ausências no trabalho.

Aos meus colegas do Laboratório Álvaro: Andréa Saturno e Dinei Prado, pelo apoio em meu experimento.

Ao meu colega de setor Francisco Guilherme Lutz, por cobrir minhas faltas no trabalho.

Ao Dr. Álvaro Largura, pelo apoio e incentivo constante na pesquisa e pós-graduação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 CULTURA DA MANDIOCA	4
2.2 UTILIZAÇÃO DA FOLHA E PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	6
2.3 PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DAS FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA	8
2.4 EXTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	12
2.4.1 Método de Extração de Proteína por Precipitação Isoelétrica.....	14
2.4.2 Método de Extração de Proteína por Autocoagulação.....	15
2.5 CONCENTRADO PROTÉICO DAS FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	16
2.6 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 COLHEITA DA FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA	22
3.2 PREPARO DA FARINHA DE FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	23
3.2.1 Métodos de Extração para obtenção de Concentrados Protéicos utilizando Folhas de Mandioca e Parte Aérea Desidratadas.....	25
3.2.1.1 Método de Extração por Precipitação Isoelétrica citado por CEREDA e VILPOUX (2003)	25
3.2.1.2 Métodos de Extração citado por CHAVES (1987).....	26
3.3 ANÁLISES QUÍMICAS DE CARACTERIZAÇÃO	32
3.4 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO.....	32

3.5	CÁLCULO DE BALANÇO DE MASSA DOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO	33
3.5.1	Rendimento dos Concentrados.....	33
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	ESTUDO DOS QUATRO MÉTODOS DE EXTRAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE CONCENTRADOS PROTÉICOS UTILIZANDO FOLHAS E PARTE AÉREA DE MANDIOCA	35
4.1.1	Balanço de Massa de Extração de Proteínas	36
4.1.2	Rendimento de Extração e Rendimento de Concentrado Protéico ..	52
4.2	PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE FOLHA E PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	56
4.3	COMPOSIÇÃO MINERAL DE FOLHA E DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	59
5	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas de massa no processo para extração de folhas e parte aérea.....	50
Tabela 2 - Valores médios da massa referentes à massa de concentrado protéico, rendimento de concentrado, massa de proteína do concentrado protéico e rendimento dos métodos de extração para folha e parte aérea.....	54
Tabela 3 - Valores médios das propriedades funcionais de absorção de água e óleo dos métodos de extração para folha e parte aérea.....	57
Tabela 4 - Valores da composição mineral para as frações da parte aérea em mg/g. ³	59
Tabela 5 - Valores médios das concentrações de Ferro nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	60
Tabela 6 - Valores médios das concentrações de Manganês nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	61
Tabela 7 - Valores médios das concentrações de Cobre nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	62
Tabela 8 - Valores médios das concentrações de Potássio avaliados nos concentrados protéicos nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	63
Tabela 9 - Valores médios das concentrações de Sódio nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	64
Tabela 10 - Valores médios das concentrações de Zinco nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Colheita da parte aérea da mandioca.....	22
Figura 2 -	Secagem das folhas e parte aérea da mandioca.....	23
Figura 3 -	Frações da parte aérea da mandioca desidratadas.....	23
Figura 4 -	Equipamento para picar forragem.....	24
Figura 5 -	Frações da parte aérea da mandioca desidratadas e moídas.	24
Figura 6 -	Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca – Método 1 (CEREDA; VILPOUX, 2003).....	28
Figura 7 -	Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca - Método 2 - Fermentação durante 5 dias (CHAVES,1987).....	29
Figura 8 -	Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca - Método 3 - Fermentação durante 48 horas (FERRI, 2006).....	30
Figura 9 -	Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca – Método 4 - Fermentação durante 5 dias com mudança de pH no final da fermentação (CHAVES,1987), proposto por FERRI (2006).....	31
Figura 10 -	Separação das fases (líquido sobrenadante e precipitado de proteínas), após repouso a 4°C em refrigerador.....	37
Figura 11 -	Concentrado protéico fresco após a etapa de centrifugação.....	37
Figura 12 -	Líquido sobrenadante após a etapa de centrifugação.	38
Figura 13 -	Balanço de massa - Método 1 para extração de folhas (F).....	39
Figura 14 -	Balanço de massa - Método 1 para extração de parte aérea (PA).40	
Figura 15 -	Balanço de massa - Método 2 para extração de folhas (F).....	42
Figura 16 -	Balanço de massa - Método 2 para extração de parte aérea (PA).43	
Figura 17 -	Etapa inicial de fermentação natural durante 48 horas para as folhas.	44
Figura 18 -	Balanço de massa - Método 3 para extração folhas (F).....	45
Figura 19 -	Balanço de massa - Método 3 para extração de parte aérea (PA).46	

Figura 20 - Precipitação de proteínas ao final da fermentação natural de 5 dias, após ajuste de pH para 4,0.	47
Figura 21 - Balanço de massa - Método 4 para extração de folhas (F).....	48
Figura 22 - Balanço de massa - Método 4 para extração de parte aérea (PA).	49

LISTA DE ABREVIATURAS

- CPF - Concentrado protéico de folhas
- CPFM - Concentrado protéico de folhas de mandioca
- FFM - Farinha de folhas de mandioca
- F - Folha
- MCP - Massa do concentrado protéico (g) em base seca
- MIE - Massa de folhas de mandioca presente no início da extração (g)
- MS - Matéria seca
- PA - Parte aérea
- PB - Proteína bruta
- PBCP - Massa de proteína bruta do concentrado protéico (g)
- PBIE - Massa de proteína bruta presente no início da extração (g)
- RF - Resíduo fibroso

RESUMO

As folhas e parte aérea da mandioca constituem-se como fontes de proteínas, vitaminas, minerais e aminoácidos essenciais, abundantes e de baixo custo. Contudo este resíduo é ainda pouco explorado. O uso de folhas de mandioca como fonte de proteínas, muitas vezes é desestimulado pela presença de fatores antinutricionais, indicando a obtenção de concentrados protéicos. O objetivo do presente trabalho foi obter concentrados protéicos de folha e parte aérea (folha, haste e caule) de mandioca, por 4 métodos de extração e avaliar a composição mineral e propriedades funcionais dos concentrados obtidos. Os métodos de extração utilizados foram: 1) Método de extração por precipitação isoelétrica descrito por CEREDA; VILPOUX (2003); 2) Método de extração por fermentação descrito por CHAVES (1987); 3) Método de extração por fermentação descrito por CHAVES (1987), com redução no tempo de fermentação descrito por FERRI (2006); 4) Método de extração por fermentação descrito por CHAVES (1987), com alteração de pH no final da fermentação proposto por FERRI (2006). Determinou-se para cada método o rendimento de extração, o rendimento de concentrado protéico, a perda de massa e perda de proteínas. Nos concentrados obtidos determinou-se o teor de Fe, Mn, Cu, Na, K e Zn e as propriedades funcionais de absorção de água e óleo. Utilizou-se delineamento experimental do tipo fatorial 2 x 4, sendo os fatores, tipo de material (folha e parte aérea) e métodos de extração de proteínas, com 3 repetições, constituindo 24 parcelas experimentais. Realizou-se análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para as folhas os rendimentos de concentrado obtidos foram 18,31%, 14,11%, 14,40% e 13,45% para os métodos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Para a parte aérea os rendimentos de concentrado obtidos foram 3,66%, 6,10%, 6,30% e 6,55% para os métodos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As folhas apresentaram valores médios de rendimento de extração três a quatro vezes maiores que os valores apresentados pela parte aérea, indicando serem mais adequadas para obtenção de concentrado protéico. Os concentrados protéicos obtidos apresentaram bons conteúdos de nutrientes como Fe, Mn, Cu, Na, K e Zn, indicando boa aplicação como suplemento na indústria de alimentos, não havendo diferenças entre os concentrados obtidos de folha ou de parte aérea. Foi observada elevada capacidade de absorção de água nos concentrados protéicos, indicando aplicação em alimentos como carnes, pães, sopas e molhos. A capacidade de absorção de óleo dos concentrados protéicos também foi elevada, indicando boa aplicação industrial para preparação de produtos como salsichas, massas de bolos, maionese e outros molhos para saladas, aumentando a retenção de sabor nestes produtos.

Palavras-chave: Métodos de extração de proteínas, composição mineral, propriedades funcionais.

ABSTRACT

OBTENTION OF PROTEIC CONCENTRATE OF LEAVES AND AERIAL PART OF THE CASSAVA (*Manihot esculenta Crantz*). Leaves and aerial part of the cassava are great protein, vitamins, minerals and essential amino acids sources, being these abundant and in low cost. However, this residual is still little explored. The cassava leaves use as protein source is, many times, not stimulated by the presence of anti nutritional factors what indicates the obtainment of proteic concentrates. The objective of this study was to obtain proteic concentrates from cassava leaf and aerial part (leaf, stalk and stem) through 4 extraction methods, besides to evaluate the mineral composition and functional properties of the obtained concentrates. The extraction methods used were: 1) Extraction method by isoelectric precipitation described by CEREDA; VILPOUX (2003); 2) Extraction Method by fermentation described by CHAVES (1987); 3) Extraction Method by fermentation described by CHAVES (1987) with fermentation time shortening described by FERRI (2006); 4) Extraction Method by fermentation described by CHAVES (1987) with pH alteration in the end of fermentation described by FERRI (2006). It was determined for each method the extraction yield, the proteic concentrate yield, the mass and protein loss. In the obtained concentrates were determined the Fe, Mn, Cu, Na, K and Zn levels, besides the functional properties of water and oil absorption. The factorial 2X4 experimental outline was used, being its factors the material kind (leaf and aerial part) and the protein extraction methods, with 3 repetitions, constituting 24 experimental parts. The variable analysis was also made, being its averages compared by the Tukey test in the 5% significance level. The yields obtained on the leaves were 18,31%, 14,11%, 14,40% and 13,45% for methods 1, 2, 3 and 4 respectively. On the aerial parts the yields of concentrate obtained were 3,66%, 6,10%, 6,30% and 6,55% for methods 1, 2, 3 and 4 respectively. The leaves presented average extraction yield values three to four times bigger than the values presented by the aerial part, being them more adequate to get proteic concentrate from. The proteic concentrates obtained presented good quantity of nutrients like Fe, Mn, Cu, Na, K and Zn, indicating their application in the food industry, without difference between the concentrates obtained from the leaves or the aerial part. It was observed an elevated capacity of water absorption on the proteic concentrates, indicating its application in foods as meat, bread, soups and sauces. The oil absorption capacity on proteic concentrates was also high, indicating their industrial application in products preparation as sausages, dough, mayonnaise and other salad dressings increasing the good flavor retention of these products.

Key-words: Methods of protein extraction, mineral composition, functional properties.

1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, as grandes diferenças sócio-econômicas restringem o acesso da população de baixo poder aquisitivo às proteínas de origem animal (leite, ovos, carne, entre outras). A privação desses nutrientes acarreta carência protéica que compromete a saúde da população, em especial das crianças que se encontram em fase de desenvolvimento físico e mental. As folhas verdes dos vegetais têm-se mostrado favoráveis para servirem de fonte de proteínas, constituindo, assim, uma alternativa alimentar no combate à desnutrição, tanto de maneira indireta, sob a forma de rações para animais, que servirão de alimento para o homem, quanto diretamente na dieta humana. No Brasil, alguns pesquisadores têm estudado as folhas de mandioca, procurando uma possível alternativa para substituir alimentos convencionais, pois seu teor de proteínas, vitaminas e minerais é relativamente alto, quando comparado a hortaliças folhosas e grãos de cereais, além de apresentarem baixo custo e disponibilidade (MODESTI, 2006).

As folhas representam uma excelente alternativa de proteína vegetal, por possuírem um bom aporte protéico. Vários autores, dentre eles, CEREDA e VILPOUX (2003), citam que o conteúdo de proteína bruta presente na folha de mandioca varia de 15 a 40% da massa seca.

Nas condições brasileiras, a procura por alimentos não-convencionais tem encontrado na mandioca uma alternativa para substituir cereais tradicionais, sendo a parte aérea uma opção para a oferta de proteínas foliares a baixo custo, podendo chegar à produção anual de 19 toneladas de folhas por ha/ano (MONTALDO, 1977).

A farinha de folhas de mandioca (FFM) é constituída por talos primários, secundários e folhas em proporções variáveis segundo a idade da planta, fertilidade do solo e meio ambiente (GOMEZ *et al.*, 1984), apresentando bom teor de vitaminas (A, B₁, B₂, ácido ascórbico), minerais e proteínas (MONTALDO; MONTILLA; ESCOBAR, 1994). Outros autores quantificam

vários nutrientes, como o teor de proteína bruta da FFM que varia de 22 a 32%; fibra bruta de 15 a 20%; extrato etéreo, de 4 a 6%; cinzas, 2 a 12%; 1250 a 2700 Mcal/kg, além de 70.000 UI de vitamina A, 0,46 mg de vitamina B₁, 0,91 mg de vitamina B₂, 5,70 mg de niacina e 980,00 mg de ácido ascórbico (SILVA, *et al.* 2001).

A parte aérea da mandioca também pode servir de alimento aos animais na forma de forragem em estado fresco ou fenado. Após a colheita das raízes, grande é a quantidade de ramas que sobram no campo, as quais podem ser utilizadas para nutrição animal. Todavia, devido ao teor elevado de fibras alimentares que não podem ser digeridas no estômago de humanos e de animais monogástricos e por fatores como a presença de substâncias antinutritivas e/ou tóxicas, seu consumo direto fica limitado (MODESTI, 2006).

O processo de obtenção do concentrado protéico pode ocorrer pelo princípio da precipitação isoeletrica, termocoagulação ou autocoagulação (fermentação).

A produção de concentrados protéicos de folhas (CPF) permite a utilização das proteínas foliares como alimento, contendo baixo teor de fibras e melhor qualidade nutritiva. Em muitas partes do mundo, a extração de proteínas de diversas plantas com a conseqüente obtenção de um concentrado protéico, praticamente sem fibras, vem sendo estudada. O interesse na pesquisa por novas fontes protéicas não-convencionais, com o objetivo de estudar suas propriedades funcionais, as quais influem na estrutura e aceitabilidade do alimento, é cada vez maior. O concentrado protéico de folhas de mandioca (CPFM) é uma dessas fontes, devido ao seu alto conteúdo de proteínas, perfil favorável de aminoácidos e propriedades funcionais. O CPFM tem se mostrado adequado como ingrediente funcional para a aplicação em diversos alimentos (MODESTI, 2006).

Considerando o cenário mundial e a crescente utilização de novos alimentos com diferentes propriedades funcionais, e boa composição de minerais e nutrientes da folha e parte aérea, com conseqüente aceitabilidade pelo consumidor, o presente trabalho estabeleceu como objetivo: avaliar as propriedades químicas e funcionais dos concentrados protéicos da folha e parte aérea da mandioca, obtidos por diferentes métodos de extração; propor alterações nos métodos de extração descritos por CEREDA e VILPOUX (2003)

e CHAVES (1987), com a finalidade de otimizar o rendimento da extração dos concentrados protéicos, de acordo com o que foi estudado no trabalho de FERRI (2006); quantificar os metais Fe, Zn Mn, K, Na e Cu da farinha das folhas e parte aérea de mandioca e nos concentrados protéicos obtidos; comparar os resultados deste trabalho com os obtidos por FERRI (2006).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA MANDIOCA

Planta de origem sul-americana, da parte oriental tropical, de onde foi levada para a Ásia e África. Devido à sua rusticidade, o cultivo da mandioca ocorre em quase todo o Brasil, concentrando-se mais intensamente nos estados do Paraná, Pará, Bahia e Maranhão. São produzidas no país quase 26 milhões de toneladas de raízes/ano, principalmente nos estados do Nordeste - que contribuem com 37% para a produção nacional; a Bahia contribui com cerca de 17% da produção do Brasil (IBGE, 2006).

O Paraná vem assumindo importante destaque em relação aos demais estados, tendo passado do 8º para o 2º lugar, nos últimos anos (GROXKO, 1998). O estado do Paraná produz cerca de 19,9 toneladas por hectare/ano, contribuindo com 13% na produção nacional (IBGE, 2006).

LORENZI e DIAS (1993) relatam que em geral, qualquer tipo de solo proporciona boas colheitas de mandioca. Os mais propícios são aqueles que apresentam textura arenosa, boa aeração, boa drenagem e com bom teor de matéria orgânica. Em solos argilosos também são obtidos bons rendimentos, porém, o desenvolvimento das raízes, bem como a sua colheita, torna-se difícil, não sendo rara a quebra e perda no campo. Além disso, esta cultura possui características que facilitam sua difusão, pois se adapta a solos pobres, é resistente à seca e consegue sobreviver junto às ervas daninhas e apresenta ampla adaptação às mais variadas condições climáticas, não necessitando de técnicas refinadas para o seu cultivo.

LANCASTER *et al.* (1982) e MENDONÇA, MOURA e CUNHA (2003), citam que há dois tipos de mandioca: mandioca brava ou amarga, de uso industrial e a mandioca doce ou mansa (aipim, macaxeira). A mandioca brava

contém altos teores de linamarina (no látex, notadamente na casca da raiz e nas folhas), a qual se transforma em ácido cianídrico (altamente tóxico) no estômago do homem e dos animais. A mandioca mansa contém baixíssimo teor de linamarina, podendo ser consumida ao natural (uso culinário) e quase não é utilizada na fabricação de farinhas, pois origina um produto com sabor adocicado, de pouca aceitação no mercado.

Segundo dados da EMBRAPA em 2005, a mandioca pode ser classificada segundo finalidades de uso: indústria (farinha, amido, raspas, álcool), consumo humano (mesa), para forragem (raízes frescas e desidratadas, parte aérea fresca e fenada), mista (para farinha e forragem) e, segundo o ciclo de colheita, em: precoces (10 a 12 meses), semi-precoces (14 a 16 meses) e tardias (18 a 20 meses). As variedades para forragem devem produzir grande quantidade de massa verde (ramas tenras e folhas), e as raízes, devem ter baixo teor de linamarina. Devem ainda apresentar folhas persistentes, alta capacidade de brotação pós corte e bom teor de proteínas.

Albuquerque *et al.* (1993) citado por CHISTÉ (2006) observou que as raízes de mandioca apresentam uma composição média 68,2% de umidade, 30% de amido, 2% de cinzas, 1,3% de proteínas, 0,2% de lipídeos e 0,3% de fibras. As raízes de mandioca são, portanto, essencialmente energéticas, apresentando elevados teores de carboidratos, principalmente polissacarídeos.

O rendimento por hectare das folhas de mandioca, em proteína bruta, pode chegar a valores de 500 e 1000 Kg/ano, o que supera em quatro a seis vezes o rendimento de outras fontes importantes de proteína, como criação extensiva de bovinos de corte e leite (CEREDA; VILPOUX, 2003). As folhas, porém, apresentam fatores antinutricionais e substâncias tóxicas (como cianetos, taninos e polifenóis) que devem ser considerados para consumo humano (AWOYINKA; ABEGUND, ADEWUSI, 1995).

Segundo ALMEIDA, TERENES; AGOSTINI (1991), a utilização da parte aérea da mandioca na alimentação animal se justifica pelo elevado teor protéico, boa produção de forragem e a necessidade de aproveitar subprodutos agrícolas que não são utilizados na alimentação humana.

2.2 UTILIZAÇÃO DA FOLHA E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

O desperdício das folhas, em particular da mandioca, é grande em todas as regiões brasileiras. LORENZI e DIAS (1993) citam que a queda das folhas é um fenômeno natural e normal nessa espécie, iniciando-se com as plantas ainda jovens. Quando atingem o máximo de desenvolvimento, com o início do período de frio (março-abril), as folhas caem, em geral na sua totalidade, até o mês de junho. A colheita da raiz de mandioca realiza-se no fim do primeiro ou do segundo ciclo vegetativo, quando a planta se encontra em repouso fisiológico. É nesse período, ao final de dois ciclos vegetativos, que as raízes apresentam melhor rendimento industrial.

Segundo dados da Secretaria da Agricultura, no estado do Paraná 158 mil ha são ocupados com essa cultura e estima-se que, para essa mesma área, são perdidas por ano, mais de 178 mil t de folhas.

A utilização da mandioca é feita por suas raízes, do caule e folhas. As folhas frescas, sob forma de feno e de silagem, prestam-se ao forrageamento de animais e até para alimentação do homem (CARVALHO, 1983).

Ricas em fibras, proteína e amido, as folhas e ramas podem ser utilizadas na alimentação animal. Uma rama de tamanho médio tem cerca de 30% de amido que, juntamente com a folha representa uma boa suplementação. Além disso, a rama pode ser utilizada como combustível, pois sua massa seca tem poder de combustão de mais de 4 Kcal/Kg (CARVALHO, 1983).

Segundo dados obtidos da EMBRAPA, as manivas devem estar maduras (apresentam queda de folhas da base para o topo naturalmente), com 10-14 meses de idade. A maniva deve ter diâmetro de 2,5cm (com medula com 50% do diâmetro), verificando-se se há fluxo de látex logo após corte (denota bom teor de umidade), cor marrom-avermelhada na folha e sinais da presença do inseto.

As ramas apresentam bom valor nutritivo como forragem. As folhas constituem a parte mais rica das ramas, apresentando em sua composição química, em peso seco, 16,0 a 28,0% de proteína bruta, 7,5 a 15,3% de lipídeos, 40,0 a 45,0% de carboidratos e 9,0 a 15,0% de fibras, com baixos os

níveis de minerais. Além da boa proporção em proteínas, as folhas da mandioca apresentam boa riqueza em vitaminas A e C. As hastes apresentam uma riqueza menor, variando de acordo com a idade da planta, pois, quanto mais velhas, mais fibrosas se tornam em detrimento de matéria protéica (SILVA; ROEL; MENEZES, 2001).

De uma maneira geral, a riqueza das ramas (parte aérea) varia de acordo com o cultivar utilizado, com a idade da planta e com as condições do ambiente em que se desenvolveu. BARBOSA (1972), estudando o aproveitamento da parte aérea da mandioca na alimentação animal, verificou que a composição química das ramas varia em função da idade da planta.

O teor de proteínas é maior em folhas jovens e decresce com o tempo de plantio (AWOYINKA; ABEGUND, ADEWUSI, 1995), e varia em função das condições climáticas, com baixas precipitações e temperaturas elevadas contribuindo para maiores conteúdos protéicos nas folhas de mandioca, devido à intensificação da síntese protéica decorrente da exposição da planta à situação de estresse (CARVALHO *et al.*, 1993).

A poda da parte aérea da mandioca é um modo de aumentar a produção de massa verde de cultivares utilizados para produção de raízes. SAGRILO, VIDIGAL FILHO e PEQUENO (2003) relataram que a poda efetuada aos 12 meses de plantio contribui para uma maior produtividade da parte aérea sem afetar o rendimento da cultura, desde que seja aplicada 4 a 6 meses antes da colheita.

Uma classificação quanto ao ciclo da cultura é apresentada por SAGRILO, VIDIGAL FILHO e PEQUENO (2003), na qual, a mandioca pode ser considerada precoce, quando a idade de colheita indicada está entre 10 e 12 meses, semi-precoce, quando o ciclo é de 14 à 16 meses, ou tardia, com o ciclo variando de 18 a 20 meses. Dessa forma, o período recomendado para colheita da mandioca destinado ao uso agroindustrial situa-se, de um modo geral, no intervalo compreendido entre os 12 a 24 meses, estando a época de colheita ideal dentro deste período condicionada, sobretudo, pela cultivar utilizada e pelas condições edafo-climáticas onde a mesma se desenvolve.

GIDAMIS, O'BRIEN e POULTER (1993) citam que, em alguns países da África (Zaire, Camarão, Guiné, Serra Leoa, Tanzânia e Gabão), as folhas de

mandioca constituem uma parte significativa da dieta. Em vários locais, são muito utilizadas na preparação de pratos regionais e também como hortaliças.

Na região Norte do Brasil, são preparados pratos típicos como a maniçoba, utilizando-se folhas de mandioca trituradas e fervidas com água por vários dias. As folhas de mandioca fornecem um alimento rico em proteínas, vitaminas e minerais a baixo custo, todavia, são, na maioria das vezes, desperdiçadas em todas as regiões brasileiras (MADRUGA; CÂMARA, 2000).

2.3 PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DAS FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

A riqueza em proteínas da parte aérea da mandioca foi constatada por diversos pesquisadores, entre eles: AWOYINKA, ABEGUND e ADEWUSI, (1995), CARVALHO *et al.* (1993), RAVINDRAN (1993), RAVINDRAN e RAVINDRAN (1988) e CARVALHO *et al.* (1986).

AWOYINKA, ABEGUND e ADEWUSI (1995) analisaram o conteúdo de nutrientes das folhas jovens de três variedades de mandioca da Nigéria e verificaram que os teores de proteínas variavam de 29,3 a 32,4%, em peso seco.

CARVALHO *et al.* (1993) observaram os teores protéicos na parte aérea de três cultivares de mandioca, em diferentes épocas de colheita.

A parte aérea da mandioca corresponde a toda porção da planta acima do solo, apesar de alguns autores considerarem como aproveitável para alimentação animal e/ou humana apenas o terço superior, mais enfolhado e, conseqüentemente, mais rico do ponto de vista nutricional (CARVALHO; KATO, 1987).

Segundo MAZZUCO e BERTOL (2000) a parte aérea da mandioca se constitui de 42,72% de hastes, 22,08% de pecíolos e 35,18% de folhas, em peso seco. Os mesmos autores citam que o teor de proteína bruta da parte aérea em base seca é, em média, 4,32% para as hastes, 8,41% para os pecíolos e 27,49% para as folhas.

Foram relatados, em folhas de mandioca, teores de vitamina C em peso seco de 43,64 a 257,64 mg/100g e de betacaroteno em base seca de 14,09 a 137,38 mg/100g (WOBETO, 2003; CORREA *et al.*, 2004; MELO, 2005).

As folhas de mandioca também são ricas em minerais, especialmente Mg, Fe, Mn e Zn, conforme citam: ALETOR e ADEOGUN (1995), ALETOR, OSHODI e IPINMOROTI (2002) MELO (2005), RAVINDRAN (1993) e WOBETO (2003).

São encontrados, nas folhas de mandioca, teores em peso seco de Mg variando de 0,16 a 0,35g/100g (MADRUGA; CÂMARA, 2000, MELO, 2005, WOBETO, 2003) e de Fe de 105,77 a 225,60 mg/kg (MELO, 2005; WOBETO, 2003), para diferentes cultivares. CHAVEZ *et al.* (2000), MELO (2005) e WOBETO (2003) encontraram teores em base seca de Mn de 50,30 a 333,69 mg/kg e de Zn de 4,05 a 91,89 mg/kg.

As folhas de mandioca apresentam um elevado teor de fibras, 26,50 a 35,40 g/100g em peso seco (CORREA *et al.*, 2004) e também antinutrientes, como polifenóis, inibidor de tripsina, saponina, hemaglutinina e cianeto.

As fibras das plantas são provenientes, principalmente, da parede celular. A composição da parede celular depende da maturidade da planta na época da colheita e também das condições de armazenamento como temperatura, luz, umidade, espécie de planta, tipo de tecido e tempo de armazenamento (EASTWOOD e EDWARDS, 1991).

A ingestão de alimentos com certa quantidade de fibras é essencial para o funcionamento do trato gastrointestinal. As fibras podem ter influência positiva na regulação de peso, no metabolismo de carboidratos e lipídeos e no funcionamento do cólon. Tem sido observada uma relação entre algumas doenças e a deficiência de fibra na alimentação. Assim, as fibras insolúveis evitam doenças como: constipação intestinal, doenças diverticulares, arteriosclerose e doenças coronarianas. As fibras solúveis, por outro lado, têm efeitos benéficos no metabolismo do colesterol e insulina (PLAAMI, 1997).

Alguns tipos de fibra podem se ligar a minerais diminuindo sua absorção. Não se sabe se as fibras diminuem a absorção de todos ou se há preferência por determinados minerais (SCHWEIZER; WURSCH, 1991).

O estudo realizado por AWOYINKA, ABEGUND e ADEWUSI (1995), no qual foram analisadas folhas de três variedades de mandioca, mostrou que os teores de fibra variam de 26,9 a 35,5% em peso seco, valores considerados elevados.

RAVINDRAN e RAVINDRAN (1988) realizaram estudo com folhas de mandioca muito jovens, jovens e velhas e encontraram teores de fibra em peso seco de 8,3%, 16,4% e 27,3%, respectivamente, verificando que o teor de fibra aumenta com o envelhecimento das folhas.

A proteína da folha apresenta uma digestibilidade considerada baixa para alguns autores (AWOYINKA; ABEGUNDE; ADEWUSI, 1995, SALGADO; SANTOS, 1986, TUPYNAMBÁ; VIEIRA, 1976, EGGUM, 1970), o que pode estar associado ao alto teor de fibras.

SALGADO e SANTOS (1986) observaram uma digestibilidade de 60,2% nas folhas de mandioca e de 48,5% no concentrado protéico de folhas. EGGUM (1970) verificou que a digestibilidade da proteína de folhas de diferentes variedades de mandioca variou de 70 a 80%.

Além do elevado teor de fibra, outro fator limitante do uso da farinha de folhas e da parte aérea da mandioca é a presença de cianetos e polifenóis. Muitos estudos têm sido realizados com as folhas de mandioca, com o objetivo de reduzir e ou eliminar esses fatores limitantes. Alguns deles comprovam a influência negativa de polifenóis sobre a digestibilidade da proteína (CORREA *et al.*, 2004), que utilizaram diferentes solventes para a remoção de polifenóis e conseguiram reduzir consideravelmente seus níveis, melhorando a digestibilidade protéica. Outros trabalhos, avaliando a forma de secagem das folhas, a idade da planta e diferentes cultivares, concluíram que há uma grande influência desses fatores sobre os teores de nutrientes e antinutrientes. Apesar das folhas de mandioca apresentarem um teor elevado em proteínas, a sua digestibilidade é baixa, fato que pode estar relacionado a aspectos de pós-colheita e, principalmente, com o método de precipitação das proteínas, após a obtenção do suco verde das folhas, possivelmente com reações que podem ocorrer com os aminoácidos essenciais, tornando-os indisponíveis ou com a ação de polifenóis e de outras substâncias que podem também interferir no aproveitamento nutricional (MODESTI, 2006).

A utilização de concentrados protéicos de folhas é uma alternativa indicada por vários autores para o aproveitamento desse tipo de material vegetal, nutricionalmente rico. A produção de concentrados protéicos de folhas de mandioca, além de gerar um produto com maior teor de proteína, causa a diminuição do teor de fibra, a qual é referida como um dos inconvenientes do consumo da folha *in natura* (BEJOSANO; CORKE, 1999, ALETOR; OSHODI; IPINMOROTI, 2002), ocorrendo também redução variável dos conteúdos de HCN e taninos (CORRÊA *et al.*, 2002).

Dentre os procedimentos existentes para o processamento de folhas de mandioca, a secagem é um dos mais empregados e tem como principal objetivo a destruição de microorganismos, inativação de enzimas e fatores antinutricionais e melhoria da digestibilidade, prolongando assim a sua vida. Na desidratação, em geral, utilizam-se dois fatores: a temperatura e a circulação de ar (CEREDA; MATTOS, 1996).

Quando se utiliza a parte aérea da mandioca ou especificamente a folha, em forma de farelo ou mesmo de farinha, a possibilidade de intoxicação pelo ácido cianídrico é mínima, pois as etapas de processamento, que incluem a trituração, secagem e moagem, colocam a enzima linamarase em contato com o glicosídeo cianogênico, liberando o ácido cianídrico que é volatilizado, ficando em concentrações, em muitos casos, abaixo dos níveis tóxicos no material processado (CARVALHO; KATO, 1987).

STUPAK *et al.* (2006) salientam que o cozimento prolongado das folhas de mandioca é essencial para minimizar as concentrações de cianeto. Porém, os autores afirmam que os aminoácidos essenciais podem ser degradados durante este processamento, o que é especialmente crítico quando são considerados os aminoácidos sulfurados (como cisteína), já que estes são requeridos como doadores de enxofre no mecanismo de detoxificação do cianeto dietético remanescente. Assim, a secagem adequada das folhas é um recurso que viabiliza a sua utilização, seja na alimentação animal ou humana.

2.4 EXTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

Uma alternativa para o reaproveitamento das folhas de mandioca é a extração das proteínas, reduzindo, assim, os produtos antinutricionais e tóxicos. Processos para obtenção de concentrados protéicos de origem vegetal consistem basicamente na lixiviação das proteínas presentes nas folhas, seguida de precipitação, concentração e secagem (DAMASCENO *et al.*, 2005).

Vários procedimentos têm sido descritos pela literatura científica da área para a obtenção de concentrado protéico de folhas (CPF). Em geral, os processos consistem, basicamente, de uma extração utilizando-se uma solução extratora combinada com uma operação mecânica que provoca a ruptura celular e a liberação dos nutrientes solúveis, produzindo um suco verde e um resíduo fibroso. O resíduo fibroso é separado do suco verde por meio de métodos convencionais de filtração ou prensagem. A próxima etapa é a de precipitação do suco, seguida de centrifugação, obtendo-se o sobrenadante e o CPF e finalizando com a desidratação (MODESTI, 2006).

Os métodos de precipitação mais utilizados, segundo a literatura, são os que empregam ácidos ou aquecimento. Há outras diferentes técnicas, como a fermentação, o uso de floculantes ou a redução da constante dielétrica por meio da adição de solventes orgânicos, como: acetona, etanol, butanol ou éter (HEINEMANN *et al.*, 1998; OSHIMA; UEDA, 1984; SZYMCZYK, GWIAZDA; HANCZAKOWSKI, 1995).

A extração das proteínas de folhas dependerá, em grande parte, do grau de desintegração celular, pois, quanto maior for o rompimento, maior será a destruição do material das paredes das células, e, conseqüentemente, maior quantidade de proteínas será obtida no suco. Para isso é necessário que seja exposta a um extrator mecânico, que provocará o rompimento das paredes celulares do vegetal, por meio de corte, impacto, aplicação de pressão diferencial, pela combinação desses três ou, ainda, por equipamentos que se assemelham a uma prensa de parafuso, aumentando a fricção e facilitando a desintegração das folhas (PIRIE, 1987). Podem ser utilizados como agentes de

extração, tanto a água quanto soluções moderadamente alcalinas (DERENZO; ALDEIA, 2000).

Os CPFMs apresentam quantidade e rendimento protéicos que podem ser considerados elevados quando comparados a outros tipos já produzidos (MODESTI, 2006).

SALGADO e SANTOS (1986) testaram quatro métodos para a obtenção de CPFM e, em todos, utilizaram a água para a extração das proteínas e um liquidificador industrial. No primeiro método, ajustaram o pH a 7, com uma solução de NaOH; em seguida, reduziram o pH a 4 com uma solução de HCl, não havendo centrifugação. No segundo método, não ajustaram o pH, precipitaram com calor entre 60°C e 65°C e não centrifugaram; no terceiro, repetiram o primeiro método, porém, centrifugando por cinco vezes com água deionizada. No último método, repetiram o segundo, porém, centrifugando cinco vezes com água deionizada. Observaram uma maior porcentagem de proteína em base seca no último método (40,72g/100g) e atribuíram essa maior porcentagem às sucessivas lavagens do precipitado com água deionizada, pois, provavelmente, essas lavagens removeram impurezas e concentraram proteínas. Todavia, o segundo método foi escolhido para estudo, com um teor de proteína em base seca um pouco menor (35,68g/100g), pois foi considerado mais simples e de mais rápida execução.

CHAVES (1987), estudando o CPFM, extraiu as proteínas das folhas de mandioca utilizando uma máquina de moer carne e uma solução de hidróxido de sódio 0,05N. Ele utilizou vários métodos para a precipitação das proteínas, nos quais observou maior rendimento na autocoagulação por 5 dias (71,5%), em comparação com a precipitação com ácido em pH 3,0 (56,6%), com calor a 85°C, por 5 minutos (51,8%) e com etanol a 23% (61,7%). O autor testou o uso do CPFM como complemento de ração de frangos, concluindo que, de 7% a 10% do peso da soja usada para fabricação de ração poderiam ser substituídos pelo CPFM, podendo seu resíduo fibroso substituir rações comerciais para coelhos. O resíduo fibroso resultante da produção de CPF também pode ser utilizado na alimentação de ruminantes, pois recupera uma fração considerável da matéria seca e de proteína das folhas (MODESTI, 2006).

FERRI (2006), estudando o CPFM, extraiu as proteínas das folhas de mandioca, utilizando vários métodos para a precipitação das proteínas. Observou maior rendimento em base seca no método por precipitação isoeletrica (73,71%) durante 24 horas com repouso, em comparação à fermentação natural (67,4%) por 48 horas. A autora também concluiu que a utilização de duas extrações consecutivas não melhorou o rendimento na produção do concentrado protéico, somente reduziu a perda de massa que ocorreu na utilização de uma etapa de extração e que na extração de proteínas não influenciou a utilização de folhas frescas ou desidratadas. A extração das folhas frescas foi mais fácil, no entanto, a extração das folhas desidratadas tem a vantagem das folhas terem maior durabilidade e reduz alguns componentes tóxicos, como o cianeto.

2.4.1 Método de Extração de Proteína por Precipitação Isoelétrica

O conceito de ponto isoeletrico é derivado do comportamento ácido-básico dos aminoácidos. O ponto isoeletrico é o valor de pH em que as cargas positivas e negativas são iguais, ou seja, carga zero e solubilidade mínima (DERENZO; ALDEIA, 2000).

A maioria das proteínas exibe poder tampão muito baixo, na faixa dos pHs fisiológicos, isto é, entre 6 e 7. Deve-se lembrar que o único aminoácido com pH nessa faixa é a histidina e muitas proteínas contém baixo teor de histidina (SGARBIERI, 1996).

As proteínas possuem, do mesmo modo que os peptídeos e aminoácidos, pHs isoeletricos característicos, nos quais como íons dipolares, não possuem cargas positivas ou negativas em excesso. No pH isoeletrico, a proteína não migra para nenhum pólo quando colocada em campo elétrico e este pH será acima de 7 se a proteína contiver alto teor de aminoácidos básicos (Lisina, Arginina) e será tanto mais baixo quanto maior o conteúdo de resíduos ácidos (ácidos aspárticos e glutâmicos). A maioria das proteínas possui pontos ou pHs isoeletricos entre 4,5 a 6,5 (SGARBIERI, 1996).

Para extração por precipitação isoelétrica são utilizadas soluções básicas e ácidas para que ocorra a precipitação das proteínas. Em geral, primeiramente, utiliza-se uma solução básica para solubilização da proteína presente nas folhas e parte aérea e, a seguir, utiliza-se uma solução ácida para que ocorra o abaixamento do pH para 4 a 5, precipitando as proteínas e formando um coágulo protéico. São utilizadas para extração, soluções de hidróxido de sódio e ácido clorídrico para correção de pH.

2.4.2 Método de Extração de Proteína por Autocoagulação

A extração por autocoagulação ocorre pelo processo de fermentação natural do suco de folhas e parte aérea filtrada, conseqüentemente, abaixando o pH. Para a fermentação ocorrer, o pH do suco de folhas é corrigido para pH 8 e temperatura ambiente.

Segundo CHAVES (1987), basta deixar o suco em condições anaeróbias, em repouso, para que ocorra um abaixamento de pH, devido à fermentação láctica por microrganismos da flora natural do suco. O tempo necessário para coagulação das proteínas varia de dois a oito dias.

CHAVES (1987) relata que o coagulado, após 24 horas, encontra-se bem sedimentado permitindo a retirada do excesso da parte sobrenadante por sifonação ou filtração.

O processo de fermentação anaeróbia é de simples execução para coagulação de proteínas vegetais com baixo gasto energético e menor custo. Beker *et al.* 1978 citados por CHAVES (1987) acrescentam que essa forma de extração de proteínas tem como vantagens: melhor qualidade da proteína, devido ao acréscimo da proteína microbiana na fermentação; preservação da estrutura nativa da proteína; aumento do teor em proteína no concentrado e maior rendimento na extração da proteína.

2.5 CONCENTRADO PROTÉICO DAS FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

A partir de 1930 e durante os anos 60, uma série de pesquisas foi conduzida em diferentes países como Hungria, EUA e Inglaterra, com a finalidade de preparar concentrados e isolados de proteína com baixo teor de fibra, visando a sua utilização como alimento, a partir de uma grande variedade de folhas (PIRIE, 1971).

Os isolados protéicos de vegetais, isentos de fibras e de inibidores, têm maior valor nutricional. Quando um alimento é deficiente em determinados aminoácidos, pode ser suplementado pela associação com outros mais ricos naqueles elementos (AQUARONE *et al.*, 2001).

A proteína do material verde está ligada a compostos celulósicos de tal maneira que esta proteína é pobremente utilizada por monogástricos. Os ruminantes podem digerir a celulose e utilizar essas proteínas, mas as culturas verdes contêm uma concentração em proteína muito maior do que a requerida pelos ruminantes (CARVALHO, 1983).

Segundo AQUARONE *et al.* (2001), os tecidos animais são constituídos de proteínas, que são elementos básicos do citoplasma e do núcleo das células os quais desempenham funções de elevada relevância para o organismo. As proteínas são formadas de aminoácidos, dos quais alguns podem ser sintetizados pelo organismo e outros que, por não serem sintetizados, devem ser oferecidos pelas dietas. O valor nutricional de uma proteína depende dos aminoácidos presentes e da distribuição adequada em sua composição. A eficiência nutricional é evidenciada pelo teor de aminoácidos essenciais. A falta ou a deficiência de um deles compromete o metabolismo dos demais, pois durante a síntese protéica todos são solicitados ao mesmo tempo.

A disponibilidade dos aminoácidos depende da digestibilidade das proteínas, ou seja, da capacidade de liberá-los. Nas proteínas animais 90% dos aminoácidos são prontamente absorvíveis, enquanto que nas proteínas vegetais esse nível é bem inferior. O teor em fibra, o sistema de processamento do alimento e a presença de inibidores influem na

digestibilidade. Quando em uma proteína vegetal o teor de inibidores é elevado, tratamentos diversos podem eliminar sua interferência, porém, um processamento muito energético pode afetar alguns aminoácidos presentes (AQUARONE *et al.*, 2001).

O concentrado protéico de folhas de mandioca (CPFM) pode ser incorporado a diversos alimentos habituais. Heinemann *et al.* (1998) citados por MODESTI (2006) pesquisaram misturas feitas à base de farinha de trigo e CPFM, visando aumentar a qualidade nutricional dessa farinha. Para a obtenção do CPFM, eles utilizaram hidróxido de sódio 0,1N para a extração e, para a precipitação, o método da fermentação natural por cinco dias. Em seus ensaios com animais, observaram um aumento do consumo da ração quando adicionaram 10% de CPFM à farinha de trigo, concluindo que o sabor do CPFM não interferiu na sua aceitação (MODESTI, 2006).

O CPFM possui uma quantidade razoável de aminoácidos essenciais e, devido ao seu alto conteúdo em lisina poderia suplementar alguns alimentos que possuem deficiência nesse aminoácido, como é o caso dos cereais. Esse mesmo CPFM mostrou-se com alto valor nutritivo, com produção de baixo custo e bem simplificada, podendo, desse modo, ser muito atrativo como fonte de proteína na produção de alimentos e também na alimentação animal (FASUYI; ALETOR, 2005).

Entre várias folhas verdes usadas para a obtenção do concentrado protéico de folhas, TANGKA (2003) observou que o extrato mais rico foi o de mandioca, com um teor em matéria seca de 45,68 g/100g de proteína, enquanto que o de outras variou de 36,42 a 39,64 g/100g.

O concentrado protéico de folha de mandioca não deve ser incorporado como única fonte de proteínas à dieta humana ou animal, que deve ser suplementada com outras fontes protéicas. Além disso, os ruminantes, quando comparados com os monogástricos, são relativamente ineficientes na utilização da matéria seca (7,0 Kg MS/Kg de peso ganho), comparados aos não-ruminantes (3,5 Kg MS/Kg de peso ganho). Por outro lado, os não ruminantes e o homem são incapazes de converter a matéria seca eficientemente, se ela se encontra associada a altos teores de material celulósico e, assim, a maior parte da proteína do material verde não está disponível para eles. Mas, quando livres de material celulósico, esta proteína

pode ser usada por animais monogástricos. Assim, caso se queira maximizar a utilização do alto rendimento de proteína de folhas, deve-se destinar uma fração da produção para o homem, suínos, aves, ou peixes, e, para que isto seja possível, é necessário fracionar mecanicamente o material verde (FASUYI; ALETOR, 2005).

2.6 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

As propriedades funcionais dos ingredientes alimentares podem ser definidas como propriedades físico-químicas que colaboram para que os alimentos tenham as características almejadas para sua aceitação e utilização pelo consumidor. Elas fornecem informações sobre o comportamento de uma proteína em um sistema alimentar, determinando o campo de aplicação de um novo ingrediente protéico na indústria. As propriedades funcionais refletem a completa interação entre composição, estrutura, conformação e propriedades físico-químicas das proteínas e, também, a interação destas com outros componentes do alimento (lipídeos, carboidratos, etc.). Os ingredientes podem alterar o comportamento físico durante a preparação e processamento dos alimentos, pois são independentes, mas interagem uns com os outros (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989; FARFÁN, 1990; FENNEMA, 1993).

Tem se verificado um avanço nas pesquisas aplicadas à tecnologia de alimentos para novos produtos, no que se refere à aplicação das propriedades funcionais das proteínas, como agentes espessantes, estabilizantes, emulsificantes, agentes de corpo, geleificantes e até como substitutos de gorduras. Para avaliar as propriedades funcionais de uma proteína o mais recomendado é fazer uma determinação experimental e não somente se basear em suas características estruturais, pois, dessa forma, pode-se chegar a uma conclusão equivocada. A maior parte dos ingredientes protéicos utilizados pela indústria de alimentos se constitui em misturas de proteína contendo carboidratos, lipídeos, polifenóis, etc. As propriedades funcionais podem ser modificadas por agentes físicos, químicos e biológicos, tipo de

extração empregado e condições de secagem das proteínas. A maior dificuldade para avaliar uma proteína está na falta de padronização das metodologias utilizadas para determinação dessas propriedades, ficando complicada a comparação dos resultados com a literatura (SGARBIERI, 1996).

Dentre as propriedades funcionais estão incluídas: absorção e capacidade de retenção de água, adesão, solubilidade, viscosidade, suculência, intumescimento; formação de espumas, estabilização de sistemas coloidais; capacidade de geleificação, precipitação e formação de fibras e massas viscoelásticas, todas de grande importância na elaboração de massas alimentícias e produtos de panificação.

SILVA-SÁNCHEZ *et al.* (2004) comentam que a capacidade de absorção de água é um indicador útil sobre a aplicabilidade em potencial de um concentrado protéico em sistemas alimentares aquosos, especialmente naqueles que envolvem a elaboração de massas, e está relacionada à capacidade de uma proteína embeber água e retê-la contra a força da gravidade dentro de uma matriz protéica, o que depende, em parte, da sua composição em aminoácidos: quanto maior o número de resíduos carregados, maior a capacidade de hidratação da proteína.

A absorção de água é uma propriedade com grande interesse prático para os concentrados protéicos, pois são hidratados antes de serem utilizados. O aumento na absorção de água em certos produtos, como os de padaria, é benéfico, na maioria das vezes, em termos de rendimento, pois se consegue fazer mais massa com a mesma quantidade de farinha. Porém, um aumento excessivo pode prejudicar a massa, deixando-a pegajosa e, assim, dificultando seu manuseio (BEUCHAT, 1977, EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994, FENNEMA, 1993, POLLONIO, 1988).

Os CPFM podem ser incorporados à formulação de alimentos viscosos como as sopas, devido ao seu alto valor de absorção de água (FASUYI; ALETOR, 2005).

ALETOR, OSHODI e IPINMOROTI (2002), estudando as propriedades funcionais de concentrados protéicos de folhas diversas obtidos por termocoagulação e com teor médio de proteína de 47,2% MS, encontraram capacidades de absorção de água entre 149,1 e 471,5%, afirmando que estes valores são úteis para a elaboração de produtos viscosos, como sopas e

molhos. GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE (2000) avaliaram as propriedades funcionais de um concentrado protéico com 59,3% b.s de proteína obtida de torta de castanha-do-Pará por meio de precipitação isoelétrica e observaram uma capacidade de absorção de água de 338,0% o que os levou a destacar a adequação dessa propriedade à aplicação em produtos cárneos, de confeitaria, pastelaria e massas em geral.

Quanto à propriedade de absorção de óleo, esta pode, especialmente, determinar se um material protéico desempenhará satisfatoriamente em produtos cárneos. Os mecanismos de absorção de óleo são principalmente atribuídos à hidrofobicidade das moléculas protéicas (SILVA-SÁNCHEZ *et al.*, 2004). As proteínas, devido ao seu caráter anfílico, têm a capacidade de envolver as gotículas de gordura, maximizando o contato dos grupos polares e minimizando o contato dos grupos hidrofóbicos com a água, evitando a separação das fases (MANGINO, 1994).

Uma elevada capacidade de absorção de óleo é essencial para a formulação de produtos como salsichas, massas de bolos, maionese e outros molhos para saladas (CHANDI; SOGI, 2006), contribuindo para a palatabilidade e retenção de sabor destes produtos (RODRÍGUEZ-AMBRIZ *et al.*, 2005). SÁNCHEZ-VIOQUE *et al.* (1999) indicam materiais com elevada capacidade de absorção de óleo para aplicação, especialmente, em alimentos nos quais a retenção de sabor seja desejável, tais como produtos cárneos e derivados do leite. Esses autores observaram 135,8% de capacidade de absorção de óleo em uma farinha de grão-de-bico, 409,4% em um concentrado protéico obtido dessa farinha em pH 12 e de 125,7% para o concentrado obtido em pH 12, as quais, provavelmente, acarretaram menor perda de proteínas solúveis.

GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE (2000) encontraram uma capacidade de absorção de óleo de 145,0% para concentrado protéico de torta de castanha-do-Pará e EL-ADAWY *et al.* (2001) observaram resultados superiores (271,6 a 281,5%) em concentrados protéicos de tremoço. Por outro lado, ALETOR, OSHODI e IPINMOROTI (2002), para concentrados protéicos de folhas diversas, citaram absorção de óleo média de 22,0%, concluindo que estes concentrados não desempenharam satisfatoriamente em sistemas alimentares que exigissem boa retenção de sabor.

MODESTI (2006) relatou capacidade de absorção de óleo de 107,2% para folhas de mandioca, de 53,6 para o concentrado obtido por termocoagulação e de 48,0% para o obtido por precipitação isoelétrica, concluindo que os concentrados são adequados à formulação de sopas e produtos cárneos e de panificação, embora as folhas desidratadas e moídas sejam o material mais indicado para este fim. O mesmo autor afirma que o maior conteúdo de fibras das folhas desidratadas e moídas pode ser o fator causal da maior absorção de óleo observada e salienta que diferenças desses resultados, quando comparados aos de outros autores, podem refletir uma variação normalmente esperada entre cultivares.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLHEITA DA FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

A parte aérea de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), da variedade Fécula Branca, foi colhida 18 meses após o plantio, em Marechal Cândido Rondon - PR, no mês de Janeiro de 2007 (Figura 1).

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel - PR.



Figura 1 - Colheita da parte aérea da mandioca.

3.2 PREPARO DA FARINHA DE FOLHAS E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

Antes da etapa de lavagem, a parte aérea da mandioca foi separada em três partes: folhas, hastes e caules, que, posteriormente foram lavadas com água corrente e secas à sombra, sobre tecido de algodão para maior absorção da umidade, à temperatura ambiente, até que as estivessem completamente secas (Figura 2).



Figura 2 - Secagem das folhas e parte aérea da mandioca.

Posteriormente, o material, separado em três partes, foi triturado em pequenos pedaços, usando maquinário apropriado (máquina de picar forragem), para facilitar o armazenamento e a conservação (Figuras 3 e 4).



Figura 3 - Frações da parte aérea da mandioca desidratadas.



Figura 4 - Equipamento para picar forragem.

Foram preparados dois tipos de farinha: farinha de folha - constituída 100% de folhas moídas e farinha de parte aérea - constituída de partes iguais das três frações inicialmente separadas (33,3% de folhas, 33,3% de hastes e 33,3% de caules) (Figura 5). Teoricamente as frações da parte aérea não são iguais, sendo constituída em base seca de 42,72% de hastes, 22,08% de pecíolos e 35,18% de folhas (MAZZUCO; BERTOL, 2000). Contudo, foi adotado um terço de cada fração por motivos práticos, em escala de laboratório.



Figura 5 - Frações da parte aérea da mandioca desidratadas e moídas.

O material foi armazenado em recipientes plásticos com tampa, em local com boa ventilação, baixa umidade relativa e protegido da chuva, para evitar fermentações indesejáveis e conseqüente deterioração do produto.

3.2.1 Métodos de Extração para obtenção de Concentrados Protéicos utilizando Folhas de Mandioca e Parte Aérea Desidratadas

Para obtenção do concentrado protéico das folhas e parte aérea de mandioca desidratadas e moídas, foram empregados quatro métodos de extração, descritos a seguir:

- Método de extração por precipitação isoelétrica, descrito por CEREDA e VILPOUX (2003);
- Método de extração por fermentação, descrito por CHAVES (1987);
- Método de extração por fermentação, descrito por CHAVES (1987), com redução no tempo de fermentação, descrito por FERRI (2006);
- Método de extração por fermentação, descrito por CHAVES (1987), com alteração de pH no final da fermentação, proposto por FERRI (2006).

3.2.1.1 Método de Extração por Precipitação Isoelétrica citado por CEREDA e VILPOUX (2003)

MÉTODO 1 – Extração por precipitação isoelétrica

Neste método, primeiramente, as folhas foram trituradas em um liquidificador marca Britânia com água destilada, na relação de folhas e água de 1:10 (p/v), durante 5 minutos. O pH do extrato foi ajustado para 8,0 com solução de NaOH 0,1 N . Em seguida, filtrou-se o suco de folha, primeiramente, em peneira de malha fina e, posteriormente, em tecido de algodão.

Após a filtração, o extrato de folha sofreu nova correção de pH para 4,0 com solução de HCl 0,1 N e foi deixado em repouso durante 24 horas em geladeira à 4°C, aproximadamente. Após esse repouso, a amostra foi

centrifugada (centrífuga CELM modelo LS-3 Plus) por 10 minutos a 3200 rpm, obtendo-se uma fração sobrenadante e um precipitado. O precipitado foi seco em estufa com circulação e renovação de ar (marca TECNAL - modelo TE - 394/1) em temperatura de 60°C.

Procedimento análogo foi realizado utilizando-se parte aérea da mandioca desidratada, porém, na trituração, a relação utilizada de parte aérea e água foi de 1:13 (p/v), pois a parte aérea, pela presença do caule, se tornou mais difícil de triturar com um volume menor.

A massa de proteína do concentrado é resultante da multiplicação da massa final do concentrado pelo seu teor protéico. Na Figura 6, encontra-se a seqüência de extração do concentrado protéico para o método 1.

3.2.1.2 Métodos de Extração citado por CHAVES (1987)

MÉTODO 2 – Fermentação durante 5 dias do suco de folhas filtrado

Neste método, as folhas foram trituradas com água destilada, na relação de folhas e água de 1:10 (p/v), durante 5 minutos em liquidificador. Então, o pH do extrato foi ajustado para 8,0 com NaOH 0,1 N. Em seguida, filtrou-se o suco de folha, primeiramente, em peneira de malha fina e, posteriormente, em tecido de algodão.

Em seguida, o extrato passou pelo processo de fermentação natural em frascos de vidro durante 5 dias à temperatura ambiente. Com a fermentação, a tendência foi um abaixamento natural do pH e ocorreu a separação das frações. Em seguida, a solução foi centrifugada por 10 minutos a 3.200 rpm, obtendo-se uma fração sobrenadante e um precipitado. O precipitado foi seco a 60°C em estufa com circulação e renovação de ar para obtenção do concentrado protéico.

Procedimento análogo foi realizado utilizando-se parte aérea da mandioca desidratada, porém, na trituração, a relação utilizada de parte aérea e água foi de 1:13 (p/v). Na Figura 7, encontra-se a seqüência de extração do concentrado protéico para o método 2.

MÉTODO 3 – Fermentação durante 48 horas do suco de folhas filtrado (Método de Extração descrito por CHAVES (1987), com redução no tempo de fermentação, descrito por FERRI (2006))

As folhas foram trituradas com água destilada, na relação de folhas e água de 1:10 (p/v), durante 5 minutos em liquidificador. O pH do extrato foi ajustado para 8,0 com NaOH 0,1 N. Em seguida, filtrou-se o suco de folha, primeiramente, em peneira de malha fina e, posteriormente, em tecido de algodão. Após, o extrato passou pelo processo de fermentação natural em frascos de vidro durante 48 horas à temperatura ambiente. Logo em seguida, a solução foi centrifugada por 10 minutos a 3.200 rpm, obtendo-se uma fração sobrenadante e um precipitado. O suco foi seco a 60°C em estufa com circulação e renovação de ar para obtenção do concentrado protéico.

Procedimento análogo foi realizado utilizando-se parte aérea da mandioca desidratada, porém, na trituração, a relação utilizada de parte aérea e água foi de 1:13 (p/v). Na Figura 8, encontra-se a seqüência de extração do concentrado protéico para o método 3.

MÉTODO 4 – Fermentação durante 5 dias do suco de folhas e parte aérea filtrado com mudança de pH no final da fermentação (Método de extração por fermentação natural, descrito por CHAVES (1987), com alteração de pH no final da fermentação proposto por FERRI (2006)).

Neste método, as folhas foram trituradas com água destilada, na relação de folhas e água de 1:10 (p/v), durante 5 minutos em liquidificador. Então, o pH do extrato foi ajustado para 8,0 com NaOH 0,1 N. Em seguida filtrou-se o suco de folha primeiramente em peneira de malha fina, e posteriormente em tecido de algodão. Após o extrato passou pelo processo de fermentação natural em frascos de vidro durante 5 dias à temperatura ambiente. Após 5 dias de fermentação o pH do fermentado foi ajustado para 4,0 com HCl 0,1 N, ocorrendo um aumento instantâneo no volume de precipitado. Logo em seguida, a solução foi centrifugada por 10 minutos a 3.200 rpm, obtendo-se uma fração sobrenadante e um precipitado. O

precipitado foi seco a 60°C em estufa com circulação e renovação de ar para obtenção do concentrado protéico. Procedimento análogo foi realizado utilizando-se parte aérea da mandioca desidratada, porém, na trituração, a relação utilizada de parte aérea e água foi de 1:13 (p/v). Na Figura 9, encontra-se a seqüência de extração do concentrado protéico para o método 4.

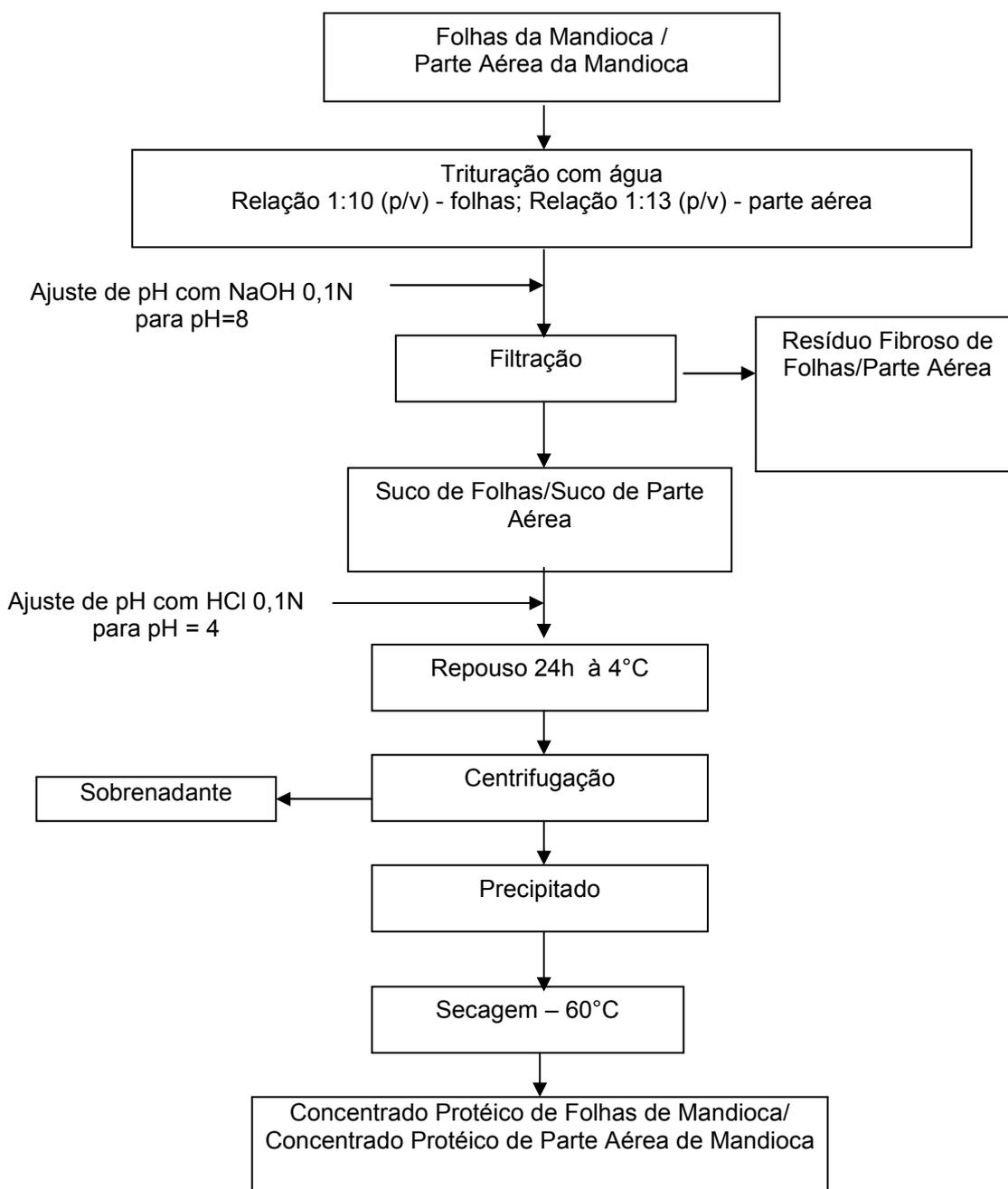


Figura 6 - Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca – Método 1 (CEREDA; VILPOUX, 2003).

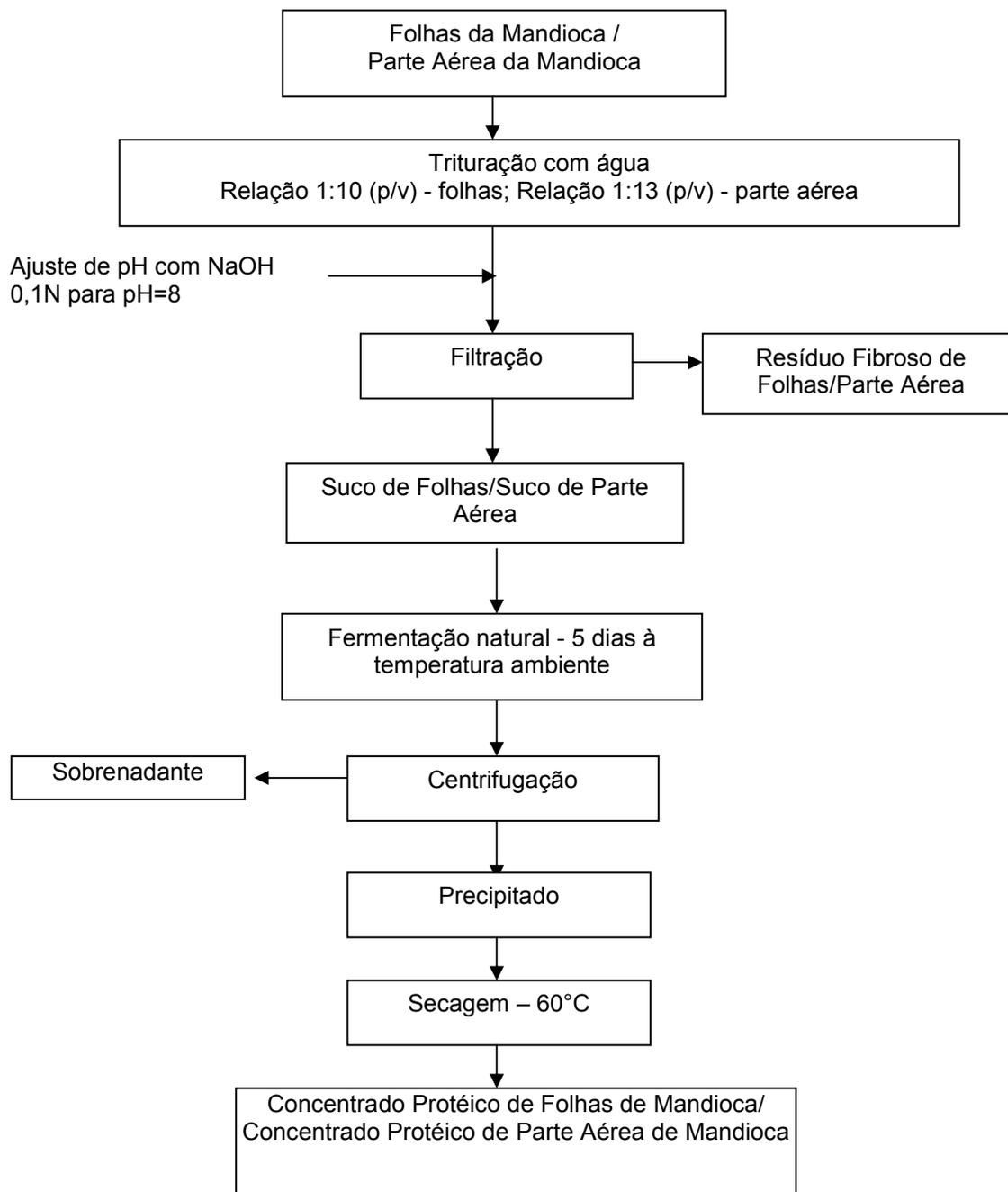


Figura 7 - Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca - Método 2 - Fermentação durante 5 dias (CHAVES,1987).

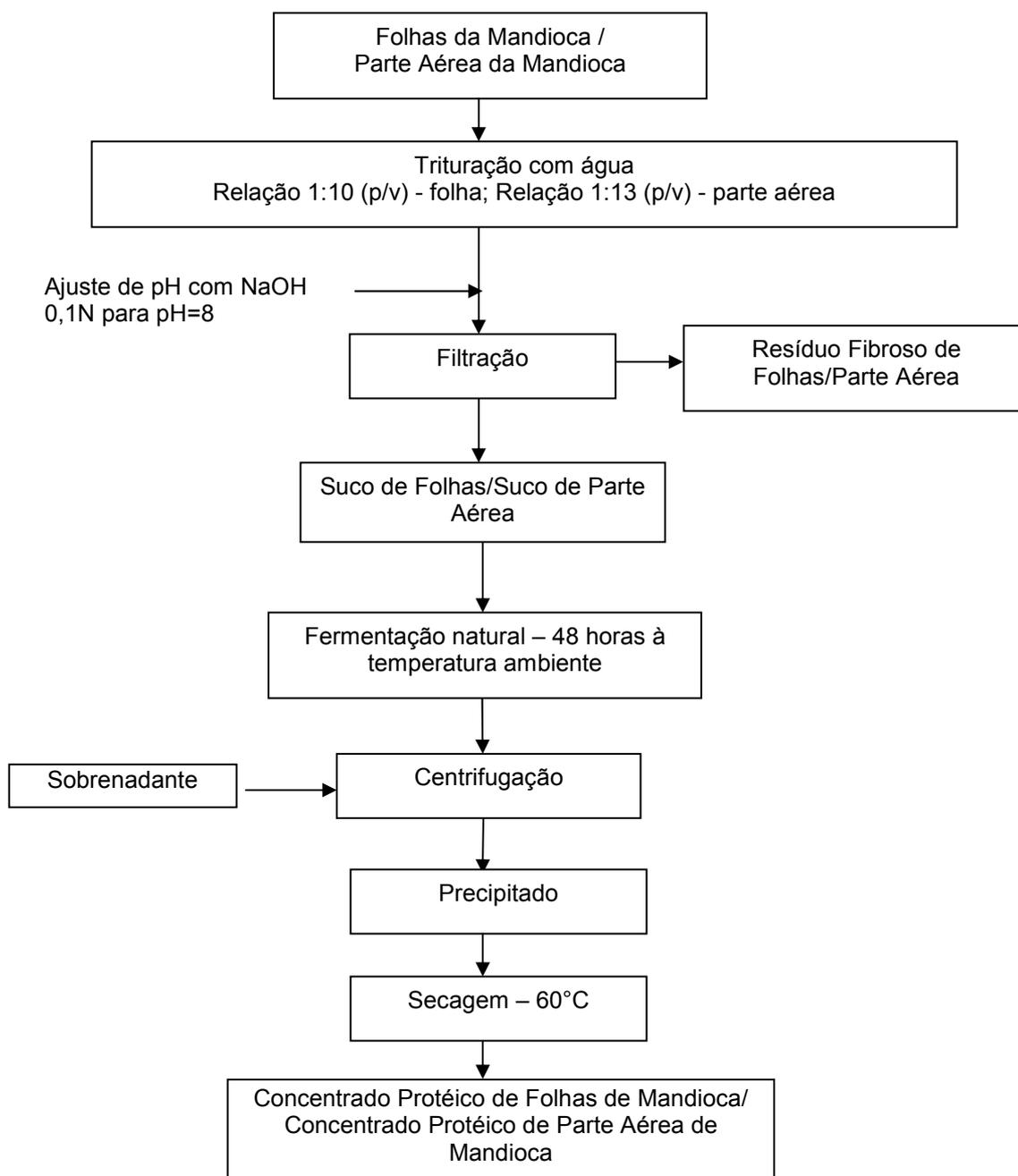


Figura 8 - Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca - Método 3 - Fermentação durante 48 horas (FERRI, 2006).

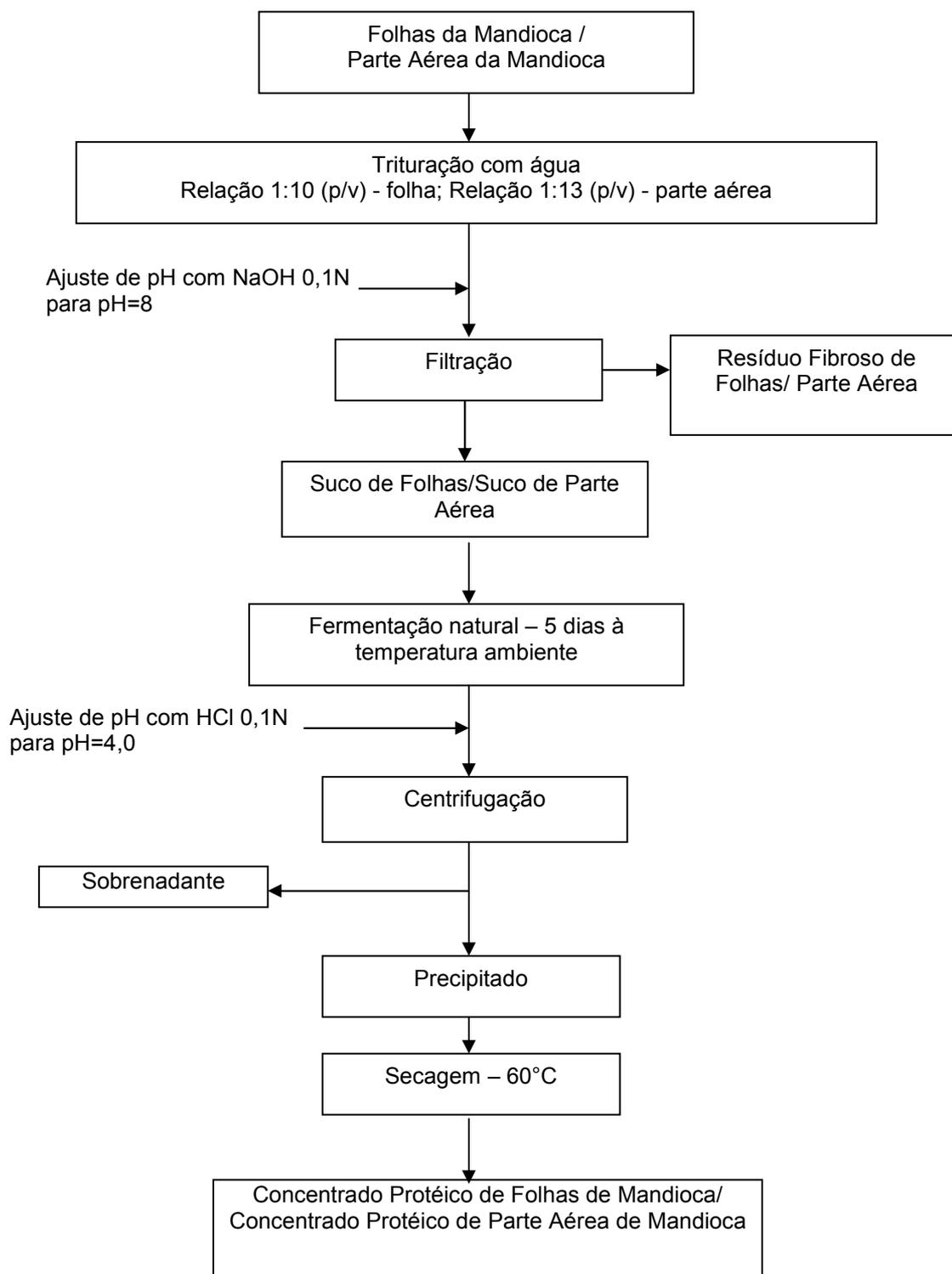


Figura 9 - Seqüência de extração do concentrado protéico da folha e parte aérea de mandioca – Método 4 - Fermentação durante 5 dias com mudança de pH no final da fermentação (CHAVES,1987), proposto por FERRI (2006).

3.3 ANÁLISES QUÍMICAS DE CARACTERIZAÇÃO

Para caracterização da folha de mandioca, parte aérea de mandioca, resíduo fibroso de folha e de parte aérea, suco de folhas e parte aérea, e concentrados protéicos, os parâmetros analisados foram: umidade, proteína bruta e composição mineral.

A umidade foi determinada por aquecimento em estufa de esterilização e secagem marca¹ ODONTOBRÁS, modelo 1.3, em temperatura de 105°C, até peso constante (AOAC, 1995).

A proteína bruta foi determinada com base no conteúdo de nitrogênio total, dosado pelo método Kjeldahl, utilizando bloco digestor de 40 provas marca TECNAL, modelo TE 0007-D e destilador de Nitrogênio marca Marconi, modelo Ma-036. O fator 6,25 foi utilizado para a obtenção do teor de proteína bruta (AOAC, 1995).

A composição mineral foi determinada na farinha de folha, farinha de parte aérea e concentrados protéicos das folhas e parte aérea por espectrofotometria de absorção atômica (marca Varian). O preparo da solução mineral foi realizado por via-úmida (AOAC, 1995).

Os minerais avaliados foram os seguintes: K, Na, Cu, Mn, Zn e Fe.

3.4 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO

A capacidade de absorção de água e/ou de óleo foi medida segundo o método descrito por OKEZIE e BELLO (1988). Uma suspensão com 1 g de

¹ As marcas e modelos de equipamentos e materiais citados neste trabalho não constituem recomendação comercial, por parte do autor, mas somente indicativo do que foi utilizado neste estudo.

amostra e 50mL de água ou de óleo foi preparada em tubos de centrífuga, agitada em agitador de tubos durante 1 minuto e centrifugada a 1500g por 20 minutos, desprezando-se o sobrenadante. A diferença entre o peso da amostra antes e após absorção de água ou de óleo foi tomada como a quantidade de água ou de óleo absorvida. A capacidade de absorção de água ou de óleo foi expressa como a quantidade de água ou de óleo absorvida por 100g de amostra.

3.5 CÁLCULO DE BALANÇO DE MASSA DOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO

Com o objetivo de determinar o rendimento de extração de proteína e do rendimento de concentrado protéico da folha e parte aérea da mandioca foi realizado o balanço de massa, considerando o processo em regime permanente. Para cada etapa de separação dos métodos de extração de proteína foram quantificadas as massas. Foi realizado o balanço em termos de massa seca e massa de proteína bruta calculado em base seca.

3.5.1 Rendimento dos Concentrados

Foi realizado um balanço de massa para folha e parte aérea, considerando que a massa que entra no processo deve ser igual à massa que sai do processo, para cada uma das técnicas utilizadas.

O rendimento de extração de proteína foi determinado pelo cálculo da quantidade de concentrado, em relação à de folhas e parte aérea desidratadas e moídas, e calculado pela equação (01):

$$\text{Rendimento de Extração (\%)} = \frac{\text{PBCP}}{\text{PBIE}} \times 100 \quad (01)$$

Onde

PBCP = massa de Proteína Bruta do Concentrado Protéico (g);

PBIE = massa de Proteína Bruta presente no Início da Extração (g).

O rendimento de concentrado protéico é calculado pela equação (02):

$$\text{Rendimento de Concentrado Protéico (\%)} = \frac{\text{MCP}}{\text{MIE}} \times 100 \quad (02)$$

Onde

MCP = massa do Concentrado Protéico (g) em base seca;

MIE = massa de Folha de Mandioca ou Parte Aérea presente no Início da Extração (g) em base seca.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A comparação dos métodos de extração, em termos de rendimento de concentrado e rendimento de extração, foi realizada utilizando-se o delineamento experimental fatorial 2 x 4, sendo 2 tipos de material (folhas e parte aérea), 4 tratamentos (métodos de extração) e 3 repetições, perfazendo um total de 24 parcelas experimentais, em que 12 parcelas se referem às folhas desidratadas e 12 parcelas à parte aérea desidratada.

Para comparação dos resultados de propriedades funcionais de água e óleo e da composição mineral também foi utilizado o delineamento experimental fatorial 2 x 4, sendo 2 tipos de material (folhas e parte aérea), 4 tratamentos (métodos de extração) e 3 repetições.

Foi utilizado o Teste de Tukey, através do programa *Sisvar*, ao nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTUDO DOS QUATRO MÉTODOS DE EXTRAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE CONCENTRADOS PROTÉICOS UTILIZANDO FOLHAS E PARTE AÉREA DE MANDIOCA

A parte aérea da planta foi coletada na idade de 18 meses. Para reduzir a concentração de compostos tóxicos presentes nas folhas de mandioca, elas foram desidratadas para os processos de extração (CORRÊA *et al.*, 2002).

As folhas e parte aérea desidratadas possuem maior durabilidade e não têm o problema de degradação, além disso, a enzima linamarase fica inativada, eliminando o cianeto presente nas folhas (CARVALHO; KATO, 1987). A parte aérea, quando moída, facilita o processo de extração, devido à redução de volume de material.

A folha de mandioca desidratada continha teor de umidade de 9,0%, de proteína bruta média em base seca de 25,69%; já a parte aérea de mandioca desidratada continha teor de umidade de 9,29%, de proteína bruta média em base seca de 20,75%. Foi encontrado 6,74% de teor protéico em base seca nas hastes e 5,85% de teor em base seca nos caules. A parte aérea foi preparada com um terço de cada fração de material, considerando-se a dificuldade da sua separação em situações de colheita mecanizada.

Segundo MAZZUCO e BERTOL (2000), o teor de proteína bruta da parte aérea em base seca é, em média, 4,32% para as hastes, 8,41% para os pecíolos e 27,49% para as folhas.

Segundo CEREDA e VILPOUX (2003), vários autores relatam variação no teor de proteína nas folhas entre 15 a 40% da matéria seca.

Em todas as metodologias foi utilizada água destilada como meio extrator. Com a trituração ocorreu ruptura celular da folha e parte aérea ocorrendo a disponibilização da proteína. Foram utilizados 100 gramas de material seco e moído e 1000mL de água (Relação 1:10) para as folhas e 1300mL de água (Relação 1:13) para a parte aérea. O maior volume utilizado para a parte aérea, se deve ao fato de ser constituída de material mais pesado e com maior dificuldade para trituração.

4.1.1 Balanço de Massa de Extração de Proteínas

Para cada método estudado foi realizado o balanço de massa para determinar o rendimento de extração de proteína. O balanço de massa foi demonstrado em forma de fluxograma. Foram calculados: a massa, o teor de umidade e a proteína em cada etapa de extração.

MÉTODO 1 - Extração por precipitação isoelétrica (CEREDA; VILPOUX, 2003)

No método 1, após a trituração, para promover a ruptura, celular das folhas e da parte aérea, o pH foi ajustado para 8, para ocorrer a lixiviação das proteínas e a sua solubilização no suco. Conforme o teste de precipitação realizado por FERRI (2006), a partir de pH 8 a maioria das proteínas se solubilizam. DERENZO e ALDEIA (2000) citam que pHs acima de 10, podem degradar as proteínas, por isso foi atribuído o valor de pH 8,0, para que essa degradação não ocorresse, mantendo-se a qualidade da mesma.

Após a retirada do resíduo fibroso por filtração, o pH do suco filtrado foi ajustado para 4,0. Na Figura 10 está demonstrada a etapa final de extração do método 1.



Figura 10 - Separação das fases (líquido sobrenadante e precipitado de proteínas), após repouso a 4°C em refrigerador.

O pH da solução ao final do repouso de 24 horas foi de 4,15.

Na Figura 11, tem-se uma amostra de concentrado protéico de folhas, antes de passar pela secagem e, na Figura 12, tem-se parte do líquido sobrenadante que foi separado pelo processo de centrifugação. O teor médio de proteína encontrado no concentrado protéico foi de 45,60% para as folhas e de 48,96% para a parte aérea. O balanço de massa para as folhas e parte aérea está demonstrado nos fluxogramas das figuras 13 e 14, respectivamente.



Figura 11 - Concentrado protéico fresco após a etapa de centrifugação.



Figura 12 - Líquido sobrenadante após a etapa de centrifugação.

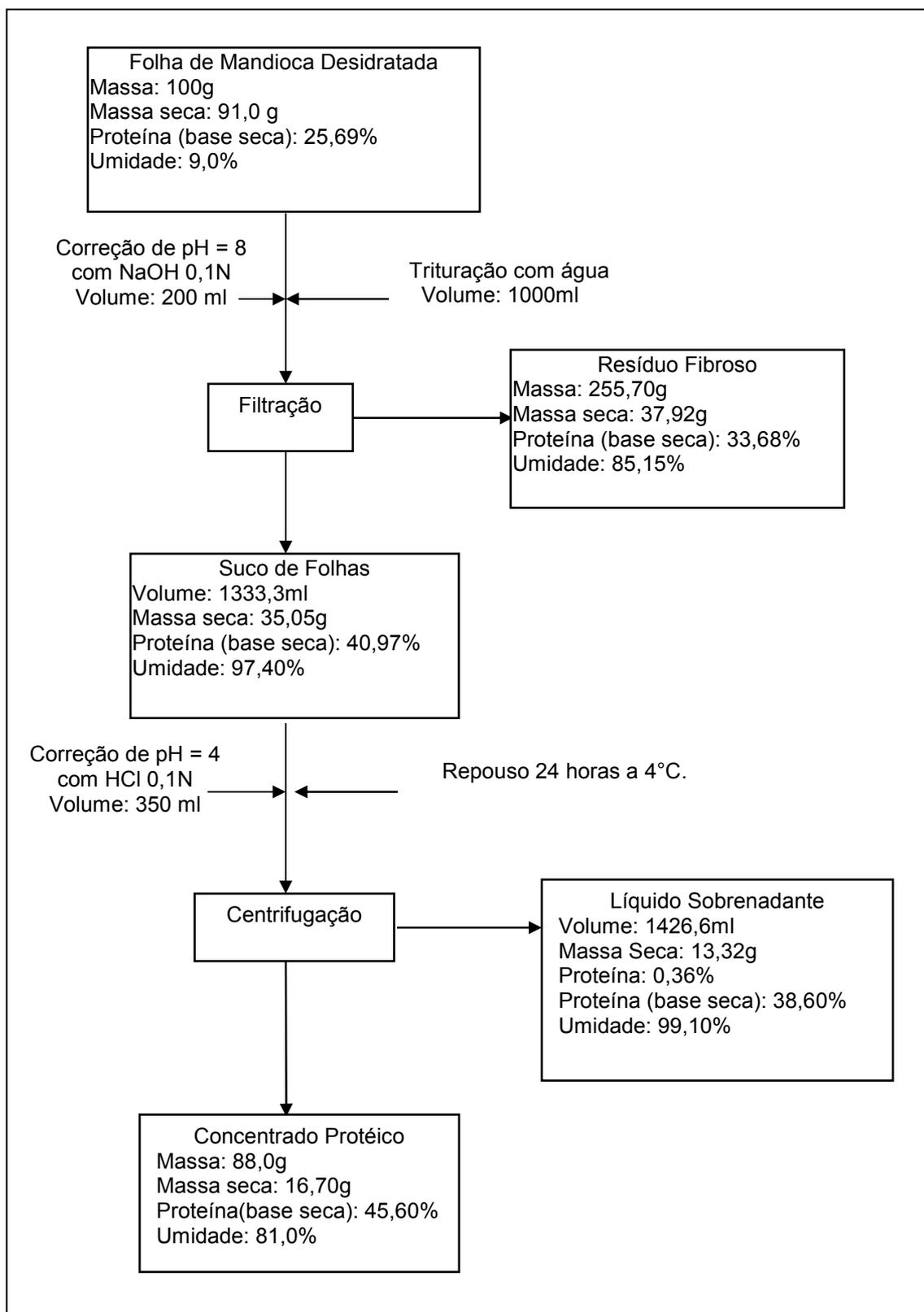


Figura 13 - Balanço de massa - Método 1 para extração de folhas (F).

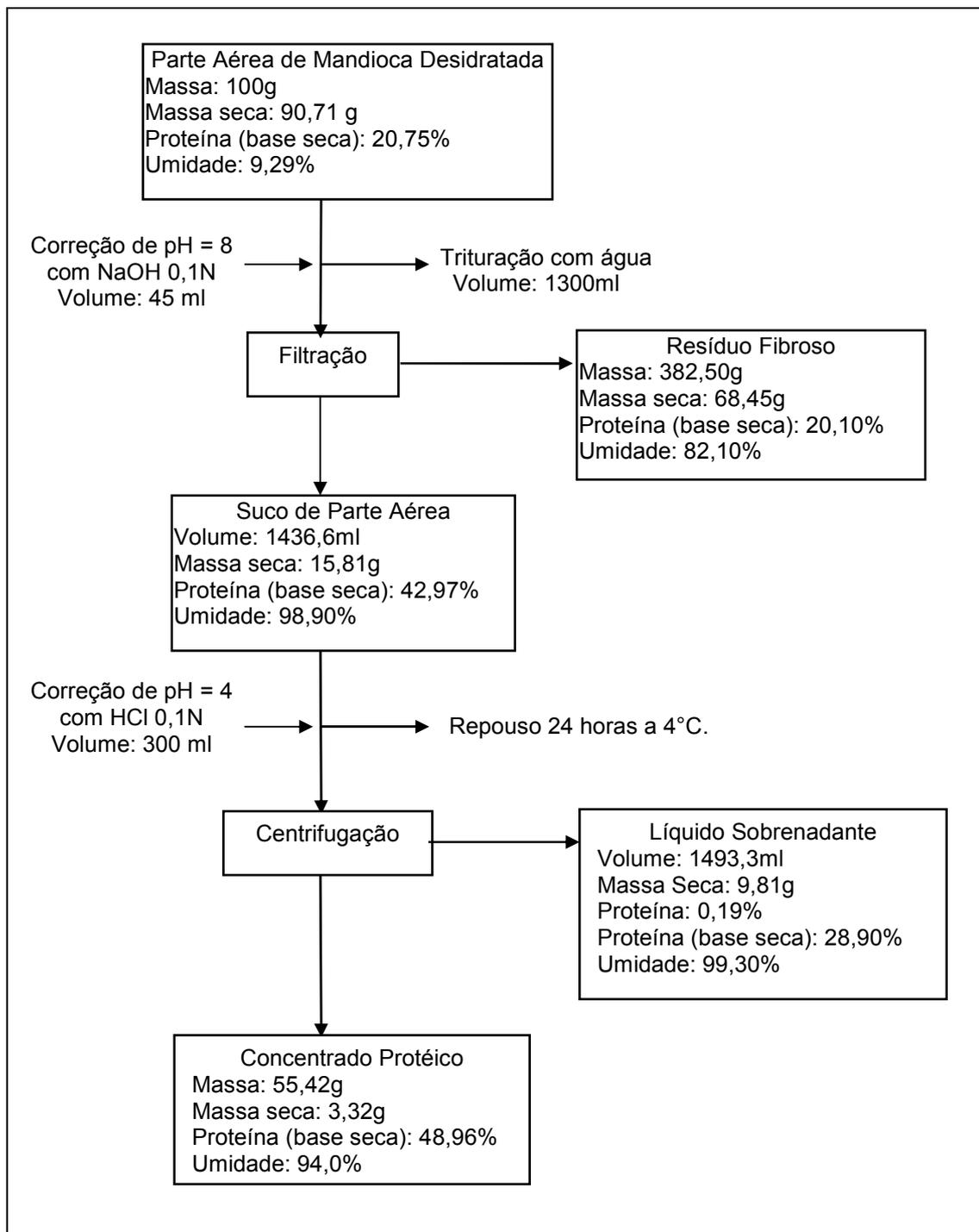


Figura 14 - Balanço de massa - Método 1 para extração de parte aérea (PA).

MÉTODO 2 - Fermentação durante 5 dias do suco de folhas e parte aérea filtrado (CHAVES, 1987)

Após a trituração das folhas e da parte aérea, o pH foi ajustado para 8 com NaOH 0,1N e as proteínas ficaram solubilizadas nesse suco. Em seguida, promoveu-se a filtração em pano de algodão. Assim, o suco filtrado foi colocado para fermentar em temperatura ambiente durante 5 dias. Nesse período ocorreu um abaixamento natural do pH em média de 6,3 para as folhas e 6,5 para a parte aérea.

Com a fermentação das folhas e da parte aérea ocorreu um aumento de massa e a formação de coágulos, que ficaram no sobrenadante. O aumento de massa se deu em decorrência do crescimento microbiano, ocasionando a alteração do pH por degradação pelos microorganismos.

No método de fermentação durante cinco dias o teor de proteína obtido no concentrado protéico em base seca foi de 45,91% para as folhas e de 24,08% para a parte aérea. Nas figuras 15 e 16 estão apresentados os fluxogramas de balanço de massa do método 2 para as folhas e parte aérea, respectivamente.

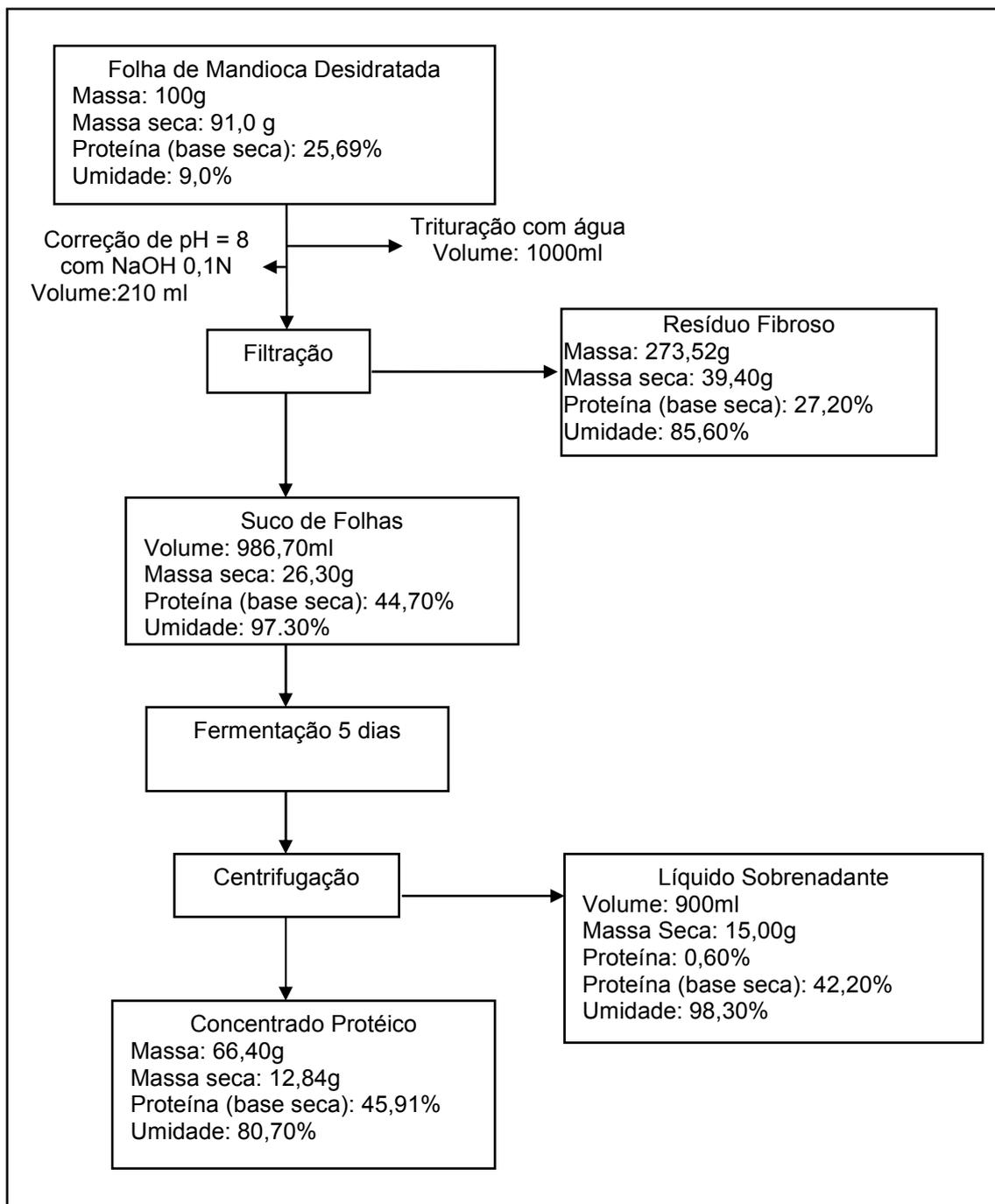


Figura 15 - Balanço de massa - Método 2 para extração de folhas (F).

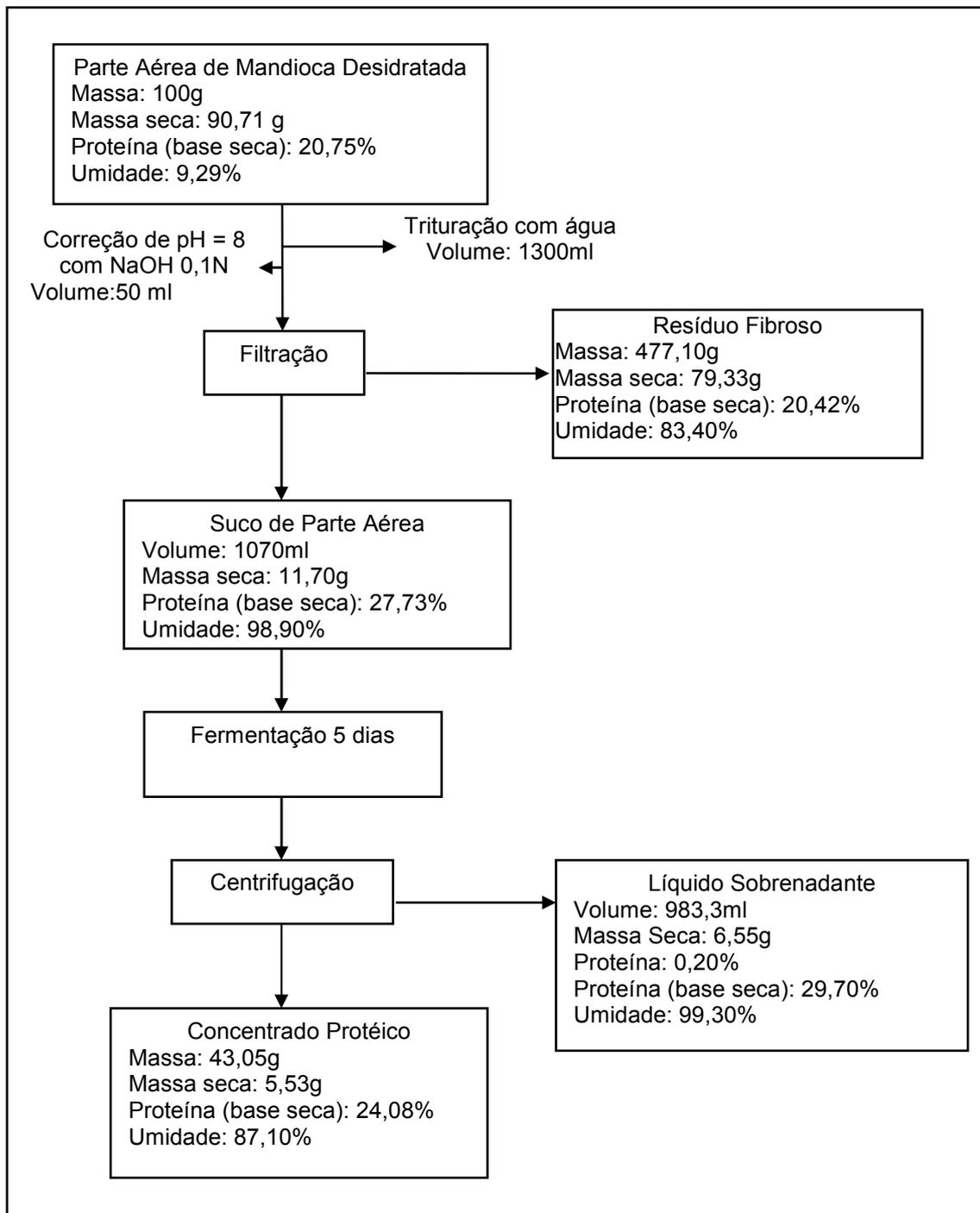


Figura 16 - Balanço de massa - Método 2 para extração de parte aérea (PA).

MÉTODO 3 - Fermentação durante 48 horas do suco de folhas e parte aérea filtrados (FERRI, 2006)

Após procedimento análogo ao do Método 2, citado por (CHAVES, 1987), o suco filtrado foi colocado para fermentar em temperatura ambiente durante 48 horas. A Figura 17 mostra o início da fermentação do suco de folhas. Nesse período ocorreu um abaixamento natural do pH em torno de 5,4 para as folhas e 5,7 para a parte aérea.

Com a fermentação das folhas e da parte aérea ocorreu um aumento de massa e a formação de coágulos, que ficaram no sobrenadante. O aumento de massa se deu em decorrência do crescimento microbiano, ocasionando a alteração do pH por degradação pelos microorganismos.

O teor de proteína obtido no concentrado protéico em base seca foi de 48,20% para as folhas e de 27,30% para a parte aérea. Nas figuras 18 e 19 estão apresentados os fluxogramas de balanço de massa do Método 3 para as folhas e parte aérea, respectivamente.



Figura 17 - Etapa inicial de fermentação natural durante 48 horas para as folhas.

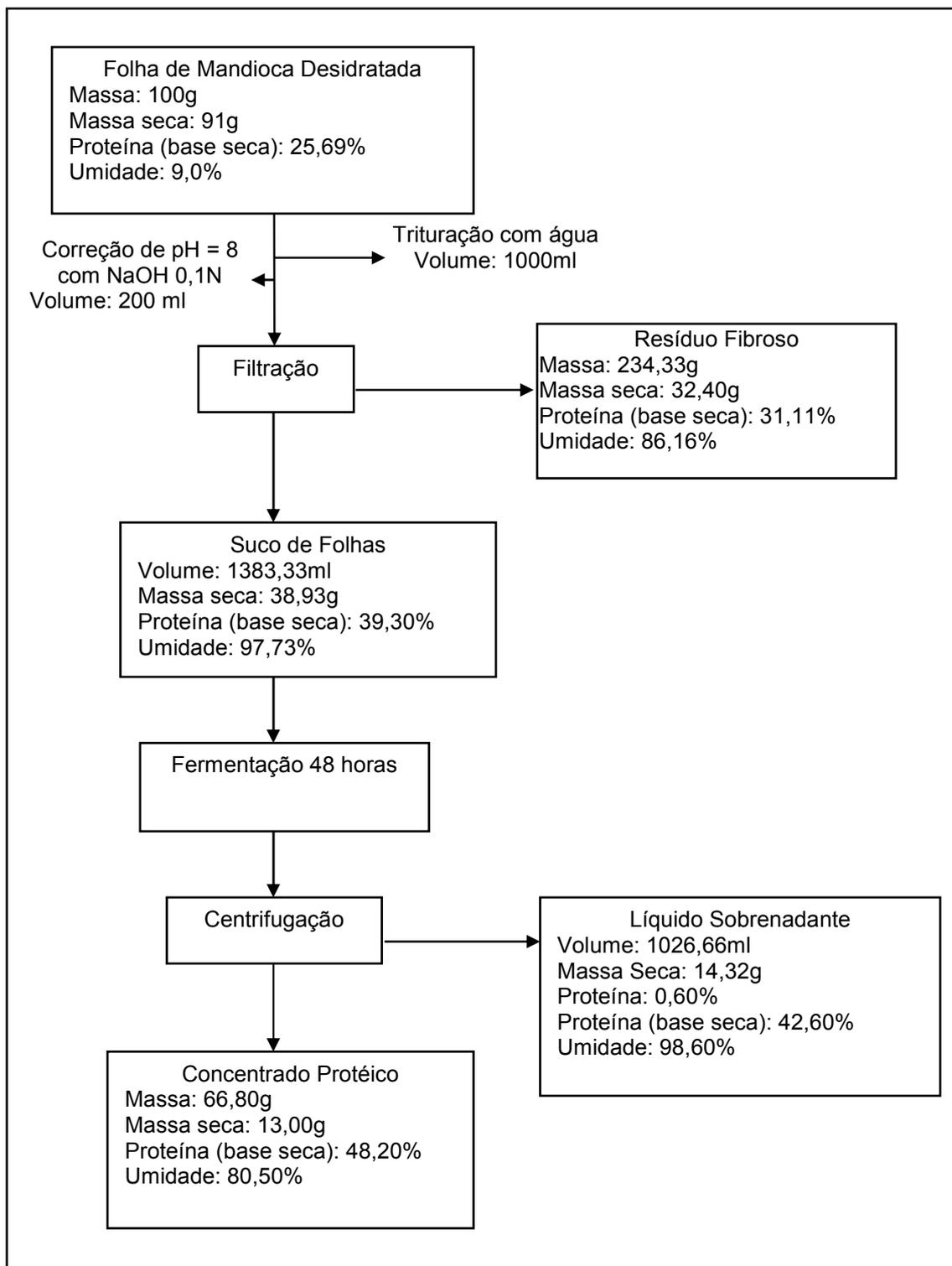


Figura 18 - Balanço de massa - Método 3 para extração folhas (F).

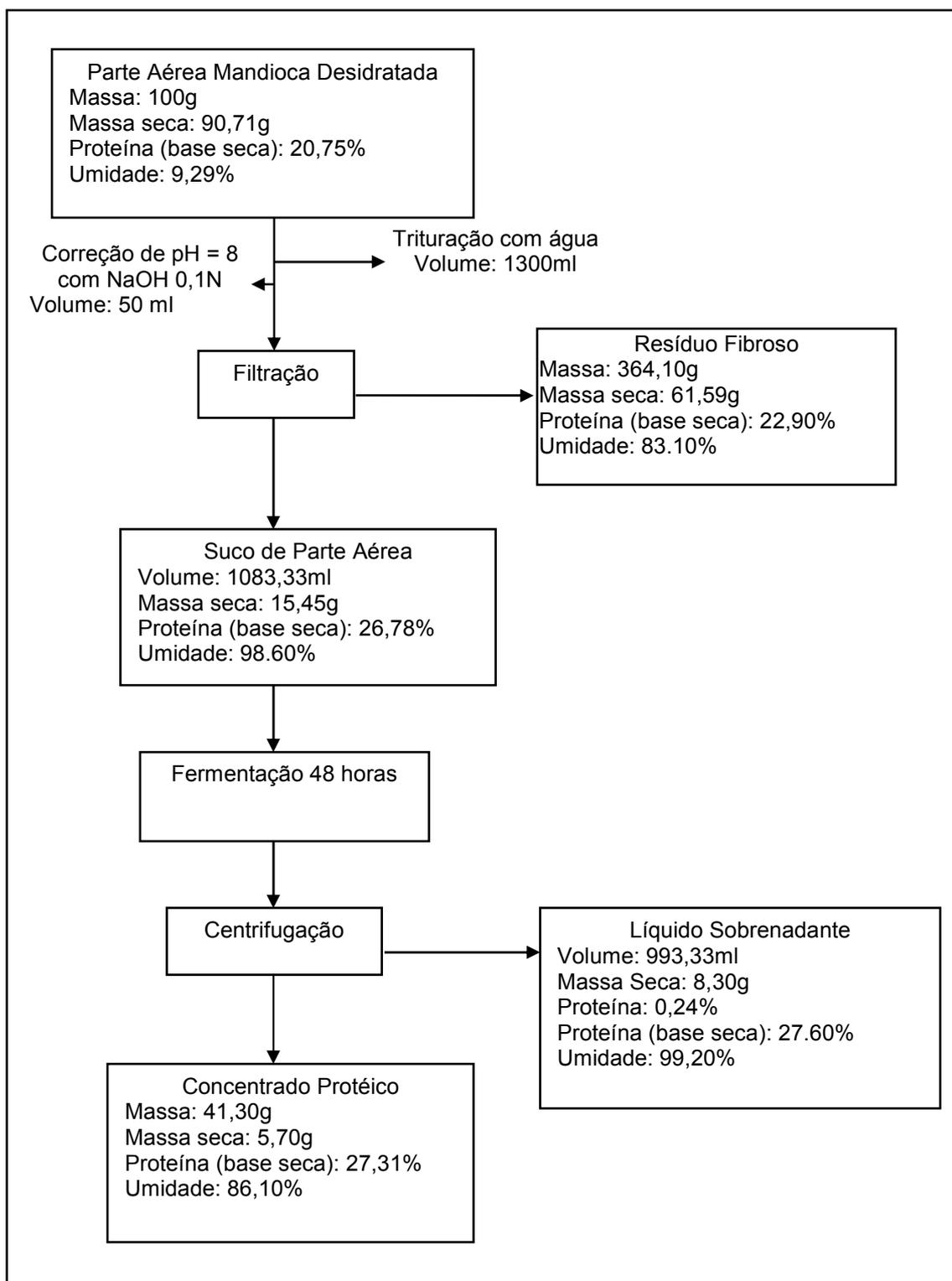


Figura 19 - Balanço de massa - Método 3 para extração de parte aérea (PA).

MÉTODO 4 - Fermentação durante 5 dias do suco de folhas e parte aérea filtrado (CHAVES (1987), com ajuste de pH para 4,0 ao final da fermentação)

Após a trituração do suco de folhas e do suco de parte aérea o pH foi ajustado para 8 com NaOH 0,1N e as proteínas ficaram solubilizadas nesse suco. Promoveu-se assim, a filtração em pano de algodão e o suco filtrado foi colocado para fermentar sob repouso, em temperatura ambiente, durante 5 dias. Neste período ocorreu um abaixamento natural do pH em média de 6,2 para as folhas e 6,5 para a parte aérea.

Com a fermentação das folhas e da parte aérea ocorreu um aumento de massa e a formação de coágulos, que ficaram no sobrenadante. O aumento de massa se deu em decorrência do crescimento microbiano, ocasionando a alteração do pH por degradação pelos microorganismos.

Segundo o teste de precipitação de proteínas realizado por FERRI (2006), observou-se que na faixa de pH entre 4 e 5 ocorreu maior precipitação de proteínas e sobrenadante mais clarificado do que em outras faixas de pH, indicando menor solubilidade de proteína na fase sobrenadante. Assim, promoveu-se uma nova alteração de pH para 4,0 com HCl 0,1 N ao final dos 5 dias. A Figura 20 mostra a precipitação ocorrida logo após o ajuste de pH com ácido.

O teor de proteína obtido no concentrado protéico em base seca foi de 35,09% para as folhas e de 27,7% para a parte aérea. Nas figuras 21 e 22 estão apresentados os fluxogramas de balanço de massa do método 4 para as folhas e parte aérea, respectivamente.



Figura 20 - Precipitação de proteínas ao final da fermentação natural de 5 dias, após ajuste de pH para 4,0.

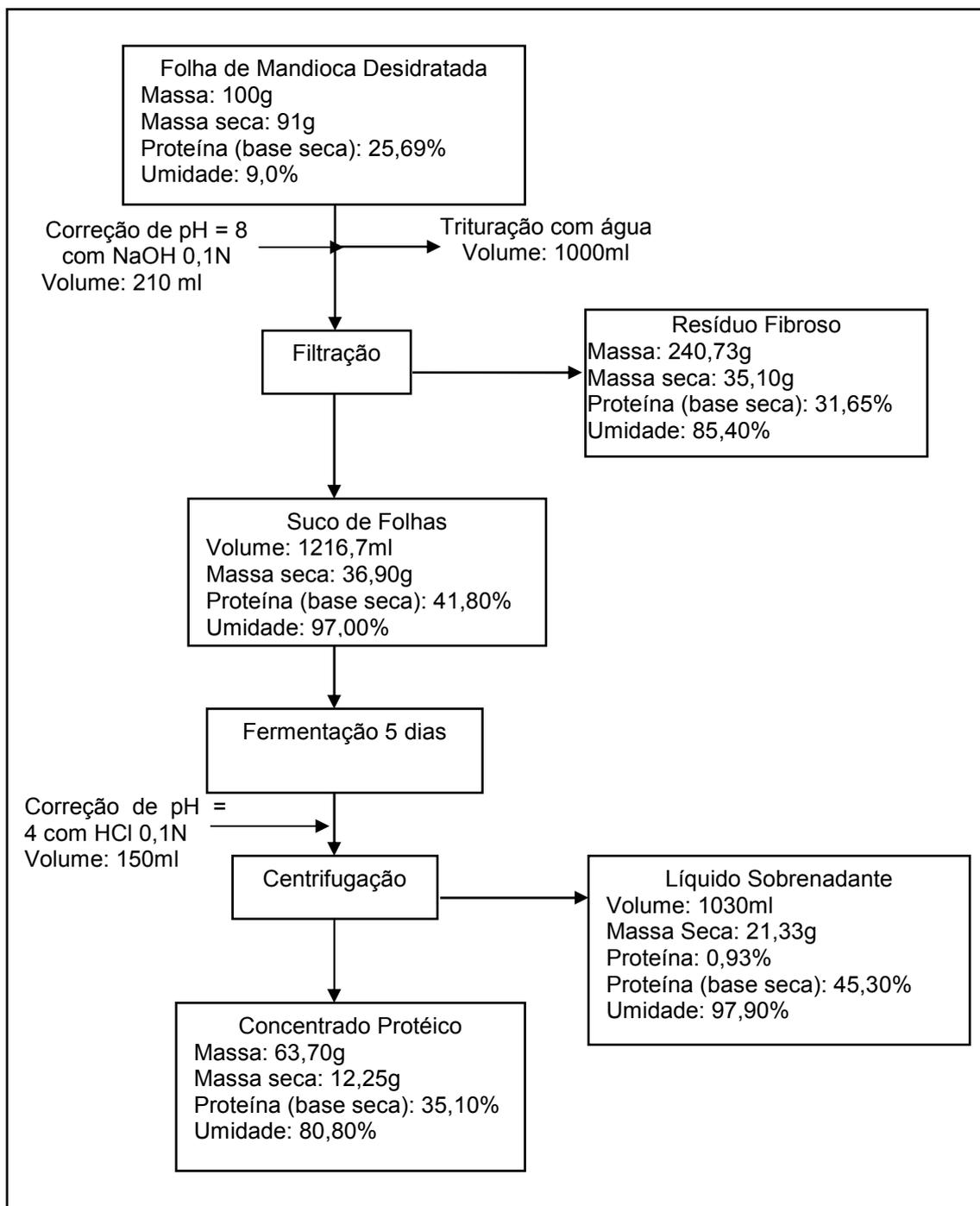


Figura 21 - Balanço de massa - Método 4 para extração de folhas (F).

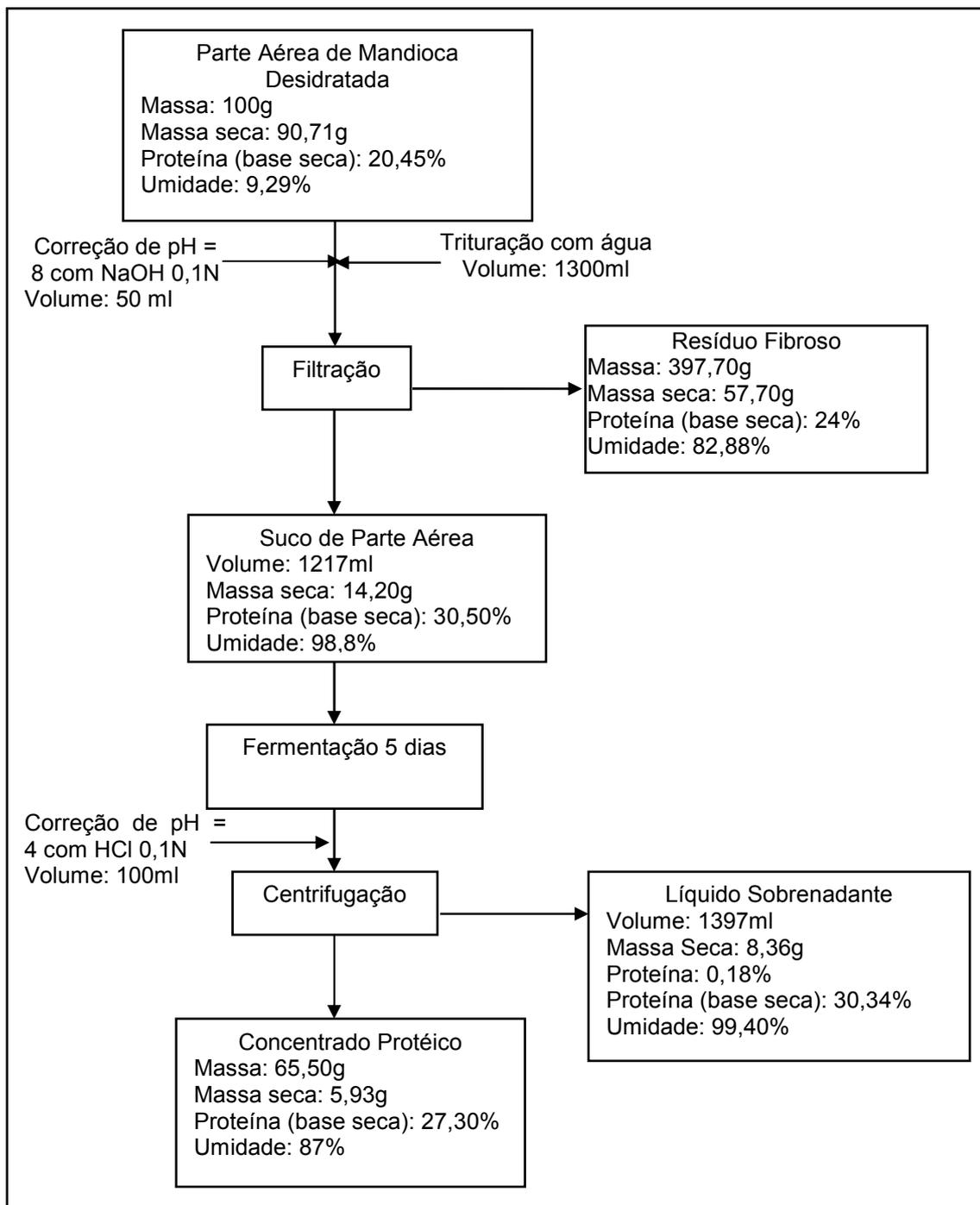


Figura 22 - Balanço de massa - Método 4 para extração de parte aérea (PA).

A Tabela 1 registra a perda de massa de matéria-prima e a perda de massa de proteína, em cada método de extração. A perda de massa foi calculada pela diminuição da massa inicial de folhas e parte aérea e de concentrado protéico de folhas e parte aérea com cada etapa de separação.

Tabela 1 - Perdas de massa no processo para extração de folhas e parte aérea

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO	PERDAS DE MASSA NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO (%)	PERDAS DE PROTEÍNA NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO (%)
1 – EXTRAÇÃO FOLHAS		
1F	25,34	-
2F	26,11	1,90
3F	34,37	3,90
4F	24,52	-
2 – EXTRAÇÃO PARTE AÉREA		
1 PA	10,06	3,1
2 PA	-	-
3 PA	16,70	4,60
4 PA	20,63	4,40

Na Tabela 1, observou-se que as perdas de proteínas foram bem menores que as perdas de massa. Os dados mostram que as perdas de proteínas muitas vezes não ocorrem e quando ocorrem são baixas.

A perda de massa no processo ocorreu principalmente na etapa de filtração. Verificou-se a dificuldade de pesagem do resíduo devido ao fato de ser filtrado em tecido de pano, limitando a sua retirada, pois parte do material aderiu ao tecido úmido. A etapa de centrifugação também pode ter ocasionado essas perdas em alguns casos.

Em todos os casos, as perdas no balanço de massa foram mais altas para as folhas do que para a parte aérea. Fato que pode ser explicado em decorrência das folhas possuírem maior adesão à parede do tubo de centrífuga.

Utilizando o método de extração 1, descrito por CEREDA e VILPOUX (2003), encontraram-se perdas de massa para as folhas da ordem de 25,34%. FERRI (2006), estudando extração de folhas desidratadas, encontrou para a mesma metodologia 16,35% de perdas.

Utilizando o método de extração 2, descrito por CHAVES (1987), o cálculo das perdas no balanço de massa para a parte aérea resultou negativo, o que, provavelmente, foi ocasionado por problemas de pesagem nas etapas de extração. CHAVES (1987), estudando extração de folhas desidratadas, encontrou para a mesma metodologia de fermentação de cinco dias

rendimento de concentrado de 44,0% em matéria seca e teor protéico de 71,50%. Neste experimento, não foi encontrado teor de proteína e rendimento de concentrado por autocoagulação (fermentação) superior ao citado por CHAVES (1987).

CHAVES (1987) cita que o tempo necessário para coagulação das proteínas pode variar de dois a oito dias, sendo que após 24 horas, o coagulado encontra-se bem sedimentado, permitindo a retirada do excesso da parte sobrenadante por sifonação ou filtração.

O método de extração 3, descrito por FERRI (2006), apresentou valor das perdas de massa para a extração das folhas maior do que o apresentado pelos demais métodos, o que pode ter ocorrido devido ao erro experimental de pesagem de material. As perdas encontradas por FERRI (2006) para as folhas desidratadas, utilizando o mesmo método, foram de 10,70%.

Não foram encontrados estudos utilizando a parte aérea para comparar os resultados de perdas deste estudo.

Considerando-se os teores de proteína no resíduo fibroso, foi observado que para o processo de extração de folhas, a porcentagem variou de 27,20 a 33,68% e para a extração de parte aérea os valores variaram de 20,10 à 24%.

Na extração de folhas, para os métodos 1 e 3 do presente trabalho, foram encontrados valores de retenção de proteína no resíduo fibroso de 54,6% e 43,13%, respectivamente. FERRI (2006) obteve retenção de proteínas no resíduo fibroso de 31% e 41,2% para os mesmos métodos em estudo, respectivamente. A autora, quando trabalhou com duas etapas de extração de folhas, obteve 35,2% para o método 1 e 36,75% para o método 2, indicando que a 2ª extração pouco influenciou na quantidade de proteína retida no resíduo fibroso.

Constatou-se que a parte aérea apresentou menor teor de proteína, menor rendimento de extração e menor rendimento de concentrado. Dessa forma, a parte aérea completa não é indicada para obtenção de concentrado protéico. Porém, as folhas se mostraram como matéria-prima eficiente na obtenção de concentrado protéico.

Poderia ter sido aplicada mais de uma fase de extração, para se minimizar as perdas no processo de extração e, conseqüentemente, aumentar

o rendimento de extração. Em experimento realizado por FERRI (2006), verificou-se que a proteína no resíduo fibroso diminuiu pouco com a extração em duas fases, indicando que ela não é facilmente extraída. Possivelmente, a proteína está bem aderida a este resíduo fibroso, necessitando de processos mais elaborados para a ruptura celular, do que simplesmente a trituração com água destilada.

4.1.2 Rendimento de Extração e Rendimento de Concentrado Protéico

Para o cálculo do rendimento de extração foi utilizada a equação 1 e para o rendimento de concentrado protéico a equação 2, descritas no item 3.5.1. Para isso foi necessário fazer o balanço em termos de massa de proteína presente no início da extração e no final da extração.

Na Tabela 2 estão apresentadas a massa de concentrado protéico, o rendimento de concentrado protéico, a massa de proteína bruta do concentrado e o rendimento de extração de cada método estudado. Foram comparadas as médias do concentrado protéico em relação às metodologias testadas e aos rendimentos de extração de proteínas para folhas e parte aérea.

No início da extração a quantidade de proteína presente a partir de 100 gramas (91,0 gramas em base seca) de folhas desidratadas foi de 25,69 gramas e a partir de 100 gramas (90,71 gramas em base seca) de parte aérea desidratada foi de 20,75 gramas.

Por meio de cálculos estatísticos, utilizando delineamento fatorial, verificou-se que houve diferença significativa na extração de folhas e na extração de parte aérea, para todos os casos: rendimento de concentrado protéico, rendimento de extração e teor de proteína e, também em todos os casos estes parâmetros foram maiores na extração das folhas.

Para o rendimento de extração de proteína das folhas o método 1 (CEREDA; VILPOUX, 2003) foi o melhor. Não houve diferença significativa, ao nível de 5% de significância, entre o método 2 e o método 3, significa que o tempo de fermentação ter sido aumentado de 2 para 5 dias não influenciou no

rendimento de extração. O método 4 foi o método que obteve o menor rendimento de extração.

Para o rendimento de extração da parte aérea não houve diferença entre os quatro tratamentos utilizados, ao nível de 5% de significância. Dessa forma, para esta matéria prima, pode ser utilizado qualquer um dos tratamentos quando se deseja obter concentrado protéico.

Avaliando o rendimento de concentrado protéico de folhas de mandioca, o maior rendimento se deu no método 1, os métodos 2, 3 e 4 não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de significância, em termos de obtenção de produto.

Avaliando o rendimento de concentrado protéico da parte aérea de mandioca verificou-se que os métodos 2, 3 e 4 obtiveram maiores rendimentos e não diferiram estatisticamente, ao nível de 5% de significância. O método 1 obteve menor rendimento de produto. A concentração inicial de proteína foi superior nas folhas (25,69%) se comparada à da parte aérea (20,75%). No caso da parte aérea, ela foi preparada com 33% de folhas, 33% de haste e 33% de pecíolo e como, neste caso, a massa inicial de folhas desidratadas é bem menor, é esperado que ocorra uma redução significativa na quantidade de produto obtido.

Como o objetivo é a obtenção da proteína, é mais importante que ocorra maior rendimento de sua extração do que de produto (concentrado protéico).

Os teores de proteína para as folhas encontrados nos métodos 1, 2 e 3 não diferiram estaticamente entre si, ao nível de 5% de significância. Já o menor teor de proteína foi encontrado no método 4, no qual houve alteração de pH no final do processo.

O maior teor de proteína encontrado para a parte aérea foi no método 1. Os métodos 2, 3 e 4 não diferiram estaticamente entre si, ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 - Valores médios da massa referentes à massa de concentrado protéico, rendimento de concentrado, massa de proteína do concentrado protéico e rendimento dos métodos de extração para folha e parte aérea

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	TIPO DE MATERIAL									
	FOLHAS DESIDRATADAS (F)					PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)				
	Massa de Concentrado Protéico (g) ³	Rendimento de Concentrado (%) ¹²³	Massa de Proteína Bruta do Concentrado Protéico (g) ³	Rendimento de Extração de Proteína (%) ¹²³	Teor de Proteína (%) ¹²³	Massa de Concentrado Protéico (g) ³	Rendimento de Concentrado (%) ¹²³	Massa de Proteína Bruta do Concentrado Protéico (g) ³	Rendimento de Extração de Proteína (%) ¹²³	Teor de Proteína (%) ¹²³
1	16,66	18,31 ^{bB}	7,60	32,60 ^{bC}	45,90 ^{bB}	3,32	3,66 ^{aA}	1,63	8,63 ^{aA}	48,96 ^{bB}
2	12,84	14,11 ^{bA}	5,90	25,95 ^{bB}	45,91 ^{bB}	5,53	6,10 ^{aB}	1,33	7,05 ^{aA}	24,08 ^{aA}
3	13,02	14,40 ^{bA}	6,30	28,90 ^{bB}	48,20 ^{bB}	5,73	6,30 ^{aB}	1,60	8,30 ^{aA}	27,31 ^{aA}
4	12,30	13,45 ^{bA}	4,30	18,06 ^{bA}	35,09 ^{bA}	5,94	6,55 ^{aB}	1,61	8,55 ^{aA}	27,26 ^{aA}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), para o mesmo parâmetro, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

FERRI (2006), estudando extração de folhas pelo método 1, observou rendimento de extração de 48,70%, rendimento de concentrado de 35,61% e teor de proteína de 50%; pelo método 3, observou rendimento de extração de 36,20%, rendimento de concentrado de 25,86% e teor de proteína de 51,24%. Este trabalho apresentou rendimento de extração de folhas para o método 1 de 32,60%, rendimento de concentrado de 18,31% e teor de proteína de 45,90% e para método 3 apresentou rendimento de extração de 28,90%, rendimento de concentrado de 14,40% e teor de proteína de 48,20%.

CHAVES (1987) descreveu o método 2, utilizando uma fermentação de 5 dias, e encontrou concentrados protéicos com teores de 71,5% de proteína, utilizando folhas frescas e um rendimento de matéria seca de concentrado de 44%, porém não trabalhou com folhas desidratadas. Aplicando a mesma metodologia, com fermentação de folhas desidratadas encontrou-se teor de proteína de 45,91% e rendimento de concentrado de 14,11%.

Nos métodos de fermentação utilizados, observou-se que é mais conveniente trabalhar com repouso do suco filtrado durante dois dias, do que durante cinco dias, devido ao menor tempo, aos maiores valores de rendimento de extração, rendimento de produto e teor protéico encontrados.

Comparando-se os dados dos métodos 1 e 3, deste trabalho, com os dados observados por FERRI (2006), verificou-se menor teor protéico, menor rendimento de extração, menor rendimento de concentrado, maior porcentagem de perdas de massa nos processos de extração e maior retenção de proteína no resíduo fibroso. Isto pode ter ocorrido devido a fatores como a utilização de cultivares diferentes e idade da planta.

Segundo AWOYINKA, ABEGUNDE e ADEWUSI (1995), o teor de proteínas é maior em folhas jovens e decresce com o tempo de plantio.

Segundo CARVALHO *et al.* (1993), o teor de proteínas pode variar em função das condições climáticas, com baixas precipitações e temperaturas elevadas contribuindo para maiores conteúdos protéicos nas folhas de mandioca, devido à intensificação da síntese protéica decorrente da exposição da planta à situação de estresse.

O presente estudo utilizou folhas e parte aérea com idade de 18 meses, considerada uma colheita tardia. Já, FERRI (2006) trabalhou com folhas na idade de 12 meses, considerada colheita precoce.

A escolha do melhor método de extração dependerá de fatores como custos dos métodos de extração, valor nutricional do concentrado protéico de folhas e parte aérea de mandioca, finalidade de aplicação do concentrado protéico, entre outros.

Considerando que a indústria alimentícia utilizará o concentrado em larga escala, o método 1, citado por CEREDA e VILPOUX (2003), é o mais apropriado, dentre os quatro métodos testados, pois produz maiores quantidades de concentrados e o tempo extração é menor. Esse método apresenta perdas maiores em relação aos demais métodos de extração de folhas, ainda assim, é o método mais apropriado.

Os resultados obtidos comprovam que as folhas de mandioca podem ser alternativa protéica, quando passadas por processos adequados que produzem o concentrado protéico. Assim, as folhas podem deixar de ser um resíduo e se tornar um subproduto de valor agregado.

Contudo, a parte aérea, obteve rendimento de extração de três a quatro vezes menor do que as folhas, demonstrando que este material não é adequado como alternativa protéica em grande escala.

4.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE FOLHA E PARTE AÉREA DA MANDIOCA

Os concentrados obtidos por meio dos procedimentos de extração avaliados neste trabalho foram analisados somente quanto às propriedades funcionais de absorção de água e óleo, pois as quantidades de concentrado obtidas pelos métodos testados não foram suficientes para a realização do restante das análises de outras propriedades funcionais.

Os resultados das propriedades funcionais estudadas estão apresentados na Tabela 3.

Para comparação dos resultados de propriedades funcionais de absorção de água e óleo foi utilizado o delineamento experimental fatorial 2 x 4,

sendo 2 tipos de material (folhas e parte aérea), 4 tratamentos (métodos de extração) e 3 repetições.

Tabela 3 - Valores médios das propriedades funcionais de absorção de água e óleo dos métodos de extração para folha e parte aérea

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)		PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)	
	Absorção de água (%) ¹²³	Absorção de óleo (%) ¹²³	Absorção de água (%) ³²³	Absorção de óleo (%) ¹²³
1	190,33 ^{aA}	436,33 ^{aB}	345,33 ^{bC}	535,00 ^{bC}
2	161,67 ^{aA}	318,33 ^{aA}	254,33 ^{bA}	385,33 ^{bA}
3	434,00 ^{bC}	558,67 ^{bC}	305,00 ^{aB}	389,33 ^{aA}
4	338,33 ^{bB}	535,33 ^{bC}	263,33 ^{aA}	443,00 ^{aB}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), para o mesmo parâmetro, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

Na Tabela 3, verifica-se que houve diferença significativa entre a produção de concentrados de folhas e de parte aérea nos métodos de extração estudados, no que se refere às propriedades funcionais testadas.

O método que obteve menor absorção de água foi o método 2, tanto para as folhas quanto para a parte aérea. O melhor método para a capacidade de absorção de água para as folhas foi o método 3. O melhor método para a capacidade de absorção de água para a parte aérea foi o método 1.

ALETOR, OSHODI e IPINMOROTI (2002) encontraram capacidades de absorção de água entre 149,1 e 471,5% e afirmam que estes valores são úteis para a elaboração de produtos viscosos, como sopas e molhos. GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE (2000), estudando o concentrado protéico de torta de castanha-do-Pará por meio de precipitação isoelétrica, observaram uma capacidade de absorção de água de 338,0% o que os levou a destacar a adequação dessa propriedade à aplicação em produtos cárneos, de confeitaria, pasteleria e massas em geral.

Os resultados obtidos neste estudo indicam boa aplicação industrial para preparação de produtos que necessitem de boa absorção de água, especialmente naqueles que envolvem a elaboração de massas. O aumento na absorção de água em certos produtos, como os de padaria, é importante em termos de rendimento, pois se consegue produzir mais massa com a mesma quantidade de farinha.

Com relação à capacidade de absorção de óleo, os melhores métodos para as folhas foram os métodos 3 e 4 . A melhor capacidade de absorção de óleo para a parte aérea ocorreu nos métodos 1 e 2.

Comparando-se o tipo de material utilizado (folha e parte aérea), observou-se que para os métodos 1 e 2 a melhor absorção de água e óleo se deu para a parte aérea; para os métodos 3 e 4 a melhor absorção de água e óleo se deu para as folhas.

GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE (2000) encontraram uma capacidade de absorção de óleo de 145,0% para concentrado protéico de torta de castanha-do-Pará e EL-ADAWY *et al.* (2001) observaram resultados superiores (271,6 a 281,5%) em concentrados protéicos de tremoço.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ *et al.* (2005) e SÁNCHEZ-VIOQUE *et al.* (1999), verificaram 135,8% de capacidade de absorção de óleo em uma farinha de grão-de-bico, 409,4% em um concentrado protéico obtido desta farinha em pH 12 e de 125,7% para o concentrado obtido em pH 12, as quais, acarretaram menor perda de proteínas solúveis.

Assim os resultados obtidos neste estudo indicam boa aplicação industrial para a preparação de produtos como salsichas, massas de bolos, maionese e outros molhos para saladas, aumentando a retenção de sabor nestes produtos.

4.3 COMPOSIÇÃO MINERAL DE FOLHA E DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA

FRANCO (2000) cita que os minerais desempenham importantes funções nos organismos vivos, como o equilíbrio de íons nos líquidos extracelulares, eletrólitos que participam do controle osmótico do metabolismo, catalisadores de certos sistemas enzimáticos.

Para comparação dos resultados da composição mineral também foi utilizado o delineamento experimental fatorial 2 x 4, sendo 2 tipos de material (folhas e parte aérea), 4 tratamentos (métodos de extração) e 3 repetições.

A Tabela 4 apresenta os valores da composição mineral para as frações da parte aérea em mg/g.

Tabela 4 - Valores da composição mineral para as frações da parte aérea em mg/g.³

MATERIAL	Fe	Mn	K	Na	Cu	Zn
Folhas	203	26,0	79,0	0,0	6,5	27,5
Haste	35,0	37,0	90	0,2	5,0	5,0
Pecíolo	29,5	9,50	70	0,1	5,5	15,0
Parte Aérea	139	29,5	81	0,1	7,0	31,5

Nota: Valores calculados em base seca.

Os valores médios da concentração de Fe, Mn, Cu, K, Na e Zn respectivamente, para os concentrados protéicos obtidos para as folhas e para parte aérea em mg/g, em função de cada método de extração, estão apresentados na tabelas 5 a 10.

Tabela 5 - Valores médios das concentrações de Ferro nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³	(mg/g) ¹²³
	Fe	Fe
1	119,16 ^{aB}	221,00 ^{bD}
2	118,16 ^{aB}	131,16 ^{aB}
3	94,00 ^{aA}	163,00 ^{bC}
4	159,33 ^{bC}	85,16 ^{aA}

Notas; ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

A concentração inicial de ferro em peso seco nas folhas foi de 203 mg/g nas folhas e de 139 mg/g na parte aérea.

Para as folhas, as maiores concentrações de ferro nos concentrados protéicos foram de 159,33 mg/g, no método de extração 4. Para a parte aérea, as maiores concentrações de ferro nos concentrados protéicos foram de 221,0 mg/g, no método de extração 1, e se observa que o mineral se concentrou após extração.

Se comparadas folha e parte aérea, os métodos 1, 2 e 3 apresentaram maiores concentrações do mineral no produto final utilizando a parte aérea.

As folhas de mandioca são geralmente ricas em ferro. MELO (2005) e WOBETO (2003) encontraram nas folhas de mandioca teores em peso seco de Fe variando de 105,77 a 225,60 mg/kg, para diferentes cultivares. FLORES (1998) observou valores de até 442,0 mg/g deste mineral.

Pode-se afirmar que os concentrados protéicos obtidos possuem concentrações adequadas como suprimento na dieta, tendo boa aplicabilidade como suplementação na indústria de alimentos.

Tabela 6 - Valores médios das concentrações de Manganês nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³ Mn	(mg/g) ¹²³ Mn
1	8,50 ^{aA}	17,50 ^{bA}
2	20,33 ^{aC}	28,66 ^{bC}
3	21,50 ^{aC}	37,00 ^{bD}
4	17,83 ^{aB}	22,50 ^{bB}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

A concentração inicial de manganês em peso seco nas folhas foi de 26 mg/g nas folhas e de 29,5 mg/g na parte aérea.

Para as folhas, as maiores concentrações de manganês nos concentrados protéicos foram observadas no método 3, com 21,50 mg/g para as folhas e 37,00 mg/g para a parte aérea.

Ao se comparar os métodos de extração, utilizando folha e parte aérea, observou-se que, em todos os métodos, a parte aérea obteve maiores resultados, em termos de concentração do produto final, indicando este material ser o mais adequado em termos de obtenção desse mineral nos processos de extração avaliados neste estudo.

O nutriente manganês é fundamental para o consumo humano e apresenta concentrações elevadas nas folhas de mandioca. Os autores Chavez *et al.* (2000), Melo (2005) e Wobeto (2003) citados por MODESTI (2006) encontraram teores de Mn em base seca de 50,30 a 333,69 mg/kg. FLORES (1998) demonstra que as folhas desidratadas possuem concentração de manganês bastante elevada, com teores de 351 mg/g.

Os minerais também variam em função da idade e cultivar da planta e, possivelmente, o cultivar utilizado neste estudo seja mais pobre neste mineral

ou a idade, já avançada, de 18 meses da planta tenha reduzido a concentração deste mineral.

Tabela 7 - Valores médios das concentrações de Cobre nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³	(mg/g) ¹²³
	Cu	Cu
1	5,16 ^{aA}	8,50 ^{bA}
2	7,70 ^{aB}	14,50 ^{bB}
3	8,16 ^{aB}	19,83 ^{bC}
4	10,33 ^{aC}	15,33 ^{bB}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

A concentração inicial de cobre em peso seco nas folhas foi de 6,5 mg/g nas folhas e de 7,0 mg/g na parte aérea.

Para as folhas, as maiores concentrações de cobre nos concentrados protéicos foram de 10,33 mg/g, no método de extração 4. Para a parte aérea, as maiores concentrações de cobre nos concentrados protéicos foram de 19,83 mg/g, no método de extração 1. observa-se que o mineral se concentrou após extração. Se comparadas folhas e parte aérea, todos os quatro métodos apresentaram maiores concentrações do mineral no produto final utilizando a parte aérea. FLORES (1998) encontrou 6,0 mg/g de Cu em folhas desidratadas.

A Organização Mundial da Saúde estima que o limite mínimo aceitável de ingestão oral diária para o cobre é de 20 ug/kg de peso corporal para os adultos e cerca de 50 ug/kg de peso corporal para lactantes. Para um adulto saudável normal (que pesa entre 50 e 70 kg), isso equivale de 1,0 a 1,4 mg/dia.

As concentrações de cobre encontradas neste estudo são indicadas para consumo humano como suplemento na indústria de alimentos.

Tabela 8 - Valores médios das concentrações de Potássio avaliados nos concentrados protéicos nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³	(mg/g) ¹²³
	K	K
1	29,00 ^{aA}	56,66 ^{bB}
2	30,66 ^{aA}	58,66 ^{bB}
3	35,66 ^{aA}	51,66 ^{bB}
4	27,33 ^{aA}	40,33 ^{bA}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

FLORES (1998) encontrou teores de potássio de 10 mg/g para folhas desidratadas. A concentração inicial de potássio em peso seco no presente estudo foi de 79 mg/g para as folhas e de 81 mg/g para parte aérea.

Para as folhas, as concentrações de potássio nos concentrados protéicos não diferiram estatisticamente entre si e a maior concentração deste mineral foi em média 35,66 mg/g, no método de extração 3, ocorrendo redução do mineral no processo de extração.

Para a parte aérea, as maiores concentrações de potássio nos concentrados protéicos foram de 58,66 mg/g, no método de extração 2, ocorrendo redução do mineral no processo de extração. Esta maior concentração na parte aérea se deve à riqueza do mineral encontrado inicialmente nas hastes (90 mg/g) e pecíolos (70mg/g), que constituem frações iguais de 33% da parte aérea, juntamente com as folhas.

Ao se comparar os métodos de extração utilizando folha e parte aérea, observou-se que a parte aérea, em todos os métodos, obteve maiores resultados médios em termos de concentração do produto final, indicando que este material é o mais adequado, em termos de obtenção deste mineral por processo de extração.

Tabela 9 - Valores médios das concentrações de Sódio nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³	(mg/g) ¹²³
	Na	Na
1	2,66 ^{bC}	1,13 ^{aAB}
2	1,80 ^{bB}	0,90 ^{aAB}
3	2,70 ^{bC}	0,70 ^{aA}
4	1,06 ^{aA}	1,73 ^{aB}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

A concentração inicial de sódio em peso seco nas folhas não foi detectada e para a parte aérea foi encontrado o teor de 0,3 mg/g. Para as folhas, as maiores concentrações de sódio nos concentrados protéicos se apresentaram no método 3, em que onde foi encontrado 2,70 mg/g para as folhas e 1,73 mg/g para a parte aérea.

Comparando-se os métodos de extração utilizando folha e parte aérea, observou-se que as folhas, em todos os métodos, obtiveram maiores resultados médios, em termos de concentração do produto final, indicando que este material é o mais adequado, em termos de obtenção deste mineral por processo de extração.

O sódio aumentou a concentração nos concentrados protéicos obtidos, em relação à folha e à parte aérea, pois houve adição de NaOH 0,1 N (4,0 mg/g) nas metodologias.

Tabela 10 - Valores médios das concentrações de Zinco nos concentrados protéicos avaliados nos métodos de extração para folha e parte aérea em mg/g.

MÉTODO DE EXTRAÇÃO	FOLHA DESIDRATADA (F)	PARTE AÉREA DESIDRATADA (PA)
	(mg/g) ¹²³	(mg/g) ¹²³
	Zn	Zn
1	10,33 ^{aA}	16,33 ^{bA}
2	25,50 ^{aB}	24,33 ^{aB}
3	26,00 ^{aB}	29,00 ^{bC}
4	22,66 ^{aB}	23,33 ^{aB}

Notas: ¹ Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula fazem comparação entre os métodos utilizados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

² Dentro de uma mesma linha, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula fazem comparação entre os tipos de material, folha (F) e parte aérea (PA), avaliados, e, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey à 5% de nível de significância.

³ Valores calculados em base seca.

A concentração inicial de zinco em peso seco nas folhas foi de 27,5 mg/g nas folhas e de 31,5 mg/g na parte aérea.

Para as folhas, as maiores concentrações de zinco nos concentrados protéicos se apresentaram no método 3, em que foi quantificado 26,0 mg/g para as folhas e 29,0 mg/g para a parte aérea.

Comparando-se os métodos de extração utilizando folha e parte aérea, observou-se os métodos 2 e 3 obtiveram maiores resultados médios

Os autores CHAVEZ *et al.* (2000), MELO (2005) e WOBETO (2003) encontraram teores de Zn em base seca de 4,05 a 91,89 mg/kg. FLORES (1998) encontrou teores de 40 mg/g em folhas desidratadas.

É fundamental que existam concentrações de minerais essenciais como Fe, Cu, Zn, Mn, K e Na na dieta humana e animal para a manutenção do

metabolismo. O presente trabalho apresentou resultados satisfatórios desses elementos, nos concentrados protéicos obtidos, demonstrando boa aplicação destes concentrados como suplemento para serem incorporados no processamento de alimentos.

5 CONCLUSÕES

A utilização da folha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), como alternativa de proteína, avaliada neste trabalho, mostrou-se adequada na produção de concentrados protéicos requeridos para o uso em alimentação animal, na indústria de alimentos e no setor de biotecnologia.

O método de extração 1 de CEREDA e VILPOUX (2003) e o método 3 citado por FERRI (2006) obtiveram rendimentos de extração mais elevados. O método 1 produz concentrados em menor tempo e com maior rendimento de extração.

Os métodos de extração para as folhas obtiveram valores médios de três a quatro vezes maiores que para a parte aérea, em termos de rendimento de extração, não se mostrando adequado para obtenção de concentrado protéico.

Comparando-se os dados dos métodos 1 e 3 com os dados observados por FERRI (2006), verificou-se menor teor protéico, menor rendimento de extração, menor rendimento de concentrado, maior porcentagem de perdas de massa nos processos de extração e maior retenção de proteína no resíduo fibroso, o que pode ter sido ocasionado por fatores como: a utilização de cultivares diferentes e a idade da planta.

Nos métodos de fermentação, verificou-se que é mais conveniente trabalhar com repouso do suco filtrado durante dois dias, do que durante cinco dias, devido ao menor tempo de extração, aos maiores valores de rendimento de extração, rendimento de produto e teor protéico encontrados.

O líquido sobrenadante obtido como subproduto nos processos de extração utilizados tem potencial de utilização como fertilizante na agricultura, devido à potencialidade de macro e micronutrientes presentes neste resíduo.

Os concentrados protéicos obtidos de folhas e da parte aérea variaram entre si, em relação às propriedades funcionais e aos teores de minerais.

Em relação às propriedades funcionais, as capacidades de absorção de água dos concentrados protéicos foram elevadas para todos os métodos, indicando que podem ser aplicados em alimentos, como: carnes, pães, sopas e molhos. A capacidade de absorção de óleo pelos concentrados protéicos também foi elevada, indicando boa aplicação industrial para a preparação de produtos, como: salsichas, massas de bolos, maionese e outros molhos para saladas, aumentando a retenção de sabor nestes produtos.

Os minerais avaliados no experimento obtiveram valores satisfatórios nas concentrações de Fe, Mn, Cu, Na, K e Zn, indicando boa aplicação como suplemento na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

ALETOR, O.; OSHODI, A. A.; IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leaf vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. **Food Chemistry**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 63-68, July 2002.

ALETOR, V. A.; ADEOGUN, O. A. Nutrient and antinutrient components of some tropical leafy vegetables. **Food Chemistry**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 375-379, 1995.

ALMEIDA, E. X.; TERENES, M.; AGOSTINI, I. Aproveitamento da parte aérea da mandioca visando à alimentação de bovinos em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 10, n. 1 e 2, p.15-25, 1991.

AQUARONE A.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA U. A. Proteínas de origem microbiana. **Biotecnologia Industrial**, Biotecnologia na Produção de Alimentos. São Paulo - SP, v. 4, n. 15, p. 421-430, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**.15. ed. Washington, DC: AOAC, 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 Nigéria. **Plant Foods for Human Nutrition**, Nigéria v. 47, p. 21-28, 1995.

BARBOSA, C. **Aproveitamento da parte aérea da mandioca**. 1972. 71 f. Dissertação (Mestrado em **Ciência Animal e Pastagens**) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

BEJOSANO, F. P.; CORKE, H. Properties of protein concentrates and hydrolysates from Amaranthus and buckwheat. **Industrial Crops and Products**, Hong Kong, v. 10, p.175-183, 1999.

BEUCHAT, L. R. Functional and eletrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D. C., v. 25, n. 2, p. 258-261, Mar./Apr. 1977.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Teores de Proteína na parte aérea de cultivares de mandioca em diferentes épocas de colheita. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v. 12, n. 1 e 2, p. 13-20, 1983.

CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; JUSTE, E. S. G.; KATO, M. S. A. Características nutritivas de fenos do terço superior e das folhas de cultivares de mandioca. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Alams, v.5, n.1, p. 63-70, 1986.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; BOTERL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Teores de proteína na parte aérea de cultivares de mandioca em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v. 12, n. 1 e 2, p. 13-20, 1993.

CARVALHO, V. D.; KATO, M. S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 145, p. 23-27, 1987.

CEREDA, M. P.; MATTOS, M. C.Y. Linamarin – the toxic compoud of cassava. **Journal of Venomous Animals and Toxins**, 2001 v. 2, n. 1, p. 6-12, 1996.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Potencialidades das proteínas de folhas de mandioca. In: CEREDA, M. P., **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**, São Paulo – SP: Fundação Cargill, p. 683-693, 2003. v. 3.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, Amritsar, Received 4 July 2005; accepted 13 February 2006.

CHAVES, J. G. Extrato protéico das folhas de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 47-52, jan. 1987.

CHAVEZ, A. L.; BEDOYA, J. M.; SÁNCHEZ, T.; IGLESIAS, 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.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Bioquímica. Propiedades funcionales. Valor nutritivo. Modificaciones químicas. Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.

CHISTÉ, R. C. **Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas na produção da farinha de mandioca dos grupos seca e d'água, subgrupo fina, tipo 1**. 2006. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia Agroindustrial) - Universidade do Estado do Pará. Belém - PA. 2006.

CORREA, A. D.; SANTOS, S. R.; ABREU, C. M. P.; JOKL, L.; SANTOS, C. D. Remoção de polifenóis da farinha de folhas de mandioca. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 24, n. 2, p. 159-164, abr./jun. 2004.

CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; NATIVIDADE M. A. E; ABREU, C. M. P.; XISTO, A. L. R. P.; CARVALHO, V. D. Farinha de folhas de mandioca - Efeito da secagem das folhas sobre a atividade da linamarase. **Ciência agrotec.**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 368-374, mar./abr., 2002

DAMASCENO, Simone ; NEITZKE, Guilherme ; FERRI, Priscila ; CEREDA, Marney Pascoli ; NUNES, Ortência Leocádia Gonzales Souza . Valorização de folhas de mandioca através da extração de proteínas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. Ciência e Tecnologia para a raiz do Brasil. Dourados : Embrapa, 2005.

DERENZO, S.; ALDEIA, W. Estudo das condições operacionais da etapa de extração de proteína do capim elefante (*pennisetum purpureum schum*), utilizado como fonte energética. ENCONTRO DE ENERGIA DO MEIO RURAL, 3, 2000. Campinas. **Anais...** Campinas - SP, 2000. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000100033&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 14 de Maio de 2007.

EASTWOOD, M.; EDWARDS, C. Fibrous polysaccharides. In: D. MELLO, J. P. F.; DUFFUS, B. M.; DUFFUS, J. H.; eds. **Toxic substance in crop plants**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991. Cap.11, p 258-284.

EGGUM, B. O.; The protein quality of cassava leaves, **British Journal of Nutrition**, England, v. 24, p. 761-770, 1970.

EL-ADAWY, T. A.; RAHMA, E. H.; EL-BEDAWEY, A. A.; GAFAR, A. F. Nutricional potential and funcional properties of sweet and bitter lupin seed protein isolates. **Food Chemistry**, v. 74, p. 455-462, 2001.

EL-DASH, A.; MAZZARI, R.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 88 p. v. 1,

FARFÁN, J. A. **Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia dos alimentos**. Campinas: Unicamp, 1990.

FASUYI, O. A.; ALETOR, V. A. Varietal composition and funtional properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) leaf meal and leaf protein concentrates.

Pakistan Journal of Nutrition, Faisalabad, Pakistan, v. 1, n. 1, p. 43-49, Jan. 2005.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095 p.

FERRI, P. **Extração de proteínas de folhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), para obtenção do concentrado protéico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

GIDAMIS, A. B.; O'BRIEN, G. M.; POULTER, N. H. Cassava detoxification of traditional Tanzanian cassava foods. **International Journal Food Science Technology**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 211-218, Apr. 1993.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2000.

GOMEZ, G., VALDIVIESO, M. Cassava for animal feeding: effect of variety and plant age on production of leaves and roots. **Animal Feed Science and Technology**, v. 11, n. 1, p. 49-55, 1984.

GROXKO, M. Mandioca. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB, Departamento de Economia Rural. **Acompanhamento da situação agropecuária do Paraná**. Curitiba, v. 24, n. 9, p. 67-72, 1998.

HEINEMANN, R. B.; COSTA, N. M. B.; CRUZ, R.; PIROZI, M. R. Valor nutricional de farinha de trigo combinada com concentrado protéico de folha de mandioca. **Revista de Nutrição de Campinas**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 51-57, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, **Produto interno bruto dos municípios**: Série relatórios metodológicos - ISSN 0101-2843. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/srmpibmunicipios.pdf>> Acesso em 09 de Dezembro de 2006.

LANCASTER, P. A.; IGRAM, M. Y.; LIM, M. Y.; COURSEY, D. G. Traditional cassava-based foods: survey of processing techniques. **Economic Botany**, Bronx, v. 36, n. 1, p. 12-45, 1982.

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

MADRUGA, M. S.; CÂMARA, F. S. The chemical composition of multimistura as a food supplement. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 1, p. 41-44, Jan. 2000.

MANGINO, M. E. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In: HETTIARACHCHY, N. S.; ZIEGLER, G.R. (Ed). **Protein functionality in food systems**. New York: Marcel Dekker. 1994.

MAZZUCO, H.; BERTOL, M. T. **Mandioca e seus subprodutos na alimentação de aves e suínos**. Concórdia - SC: Embrapa suínos e aves, 2000. 37 p.

MELO, D. S. **Farinha de folhas de mandioca**: efeitos sobre a peroxidação e o perfil lipídico plasmático e hepático de ratos. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

MENDONÇA, H. A.; MOURA, G. M.; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 761-770, jun. 2003.

MODESTI, C. F. **Obtenção e caracterização de concentrado protéico de folhas de mandioca submetido a diferentes tratamentos**, 2006. 73 f.

Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. WORKSHOP HELD AT THE UNIVERSITY OF GUELPH, 18-20 April 1977, Ottawa. **Proceedings...** Ottawa: International Development Research Center, 1977. p. 95-106.

MONTALDO, A.; MONTILLA, J. J.; ESCOBAR, J. El follaje de yuca como fuente potencial de proteínas. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 123-136, 1994.

OSHIMA, M.; UEDA, H. Effects of some treatments on the yield and the nutritive value of lucerne leaf protein concentrate. **Japanese Journal of Zootechnical**, Tokyo, v. 55, n. 8, p. 584-590, Aug. 1984.

OKEZIE, B.; BELLO, A. B. Physico-chemical and functional properties of winged beans flour and isolated compared with soy isolated. **Journal Food Science**, v. 53, p. 450, 1988.

PIRIE, N. W. **Leaf protein and its by-products on human and animal nutrition**. 2. ed. London: Cambridge University Press, 1987.

PIRIE, N. W. Leaf Protein: its agronomy, preparation, quality and use. In: **International biological programme**, Blackweel, Oxford. n. 20, 1971.

PLAAMI, S. P. Content of dietary fiber in foods and its physiological effects. **Food Rev. Int.**, New York, v. 13, n. 1, p. 29-76, 1997.

POLLONIO, M. A. R. **Estudo das propriedades funcionais do isolado protéico obtido do resíduo industrial do processamento de tomate**. 1988. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 1988.

RAVINDRAN, G.; RAVINDRAN, V. Changes in the nutritional composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves during maturity. **Food Chemistry**, Oxford, v. 27, n. 4, p. 299-309, 1988.

RAVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; MARTÍNEZ-AYALA, A.L.; MILLÁN, F.; DÁVILA-ORTIZ, G. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. **Plant Foods for Human Nutrition**, México, v. 60, p.99-107, 2005.

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G. **Épocas de colheita de parte aérea e de raízes tuberosas de mandioca** São Paulo – SP: Fundação Cargill, 2003, p. 392. 67 (Série culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 2).

SALGADO, J. S.; SANTOS, A. C. Estudo do concentrado protéico de folhas de mandioca, obtenção, análise química e suplementação com aminoácidos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 36, n. 3, p. 483-494, 1986.

SÁNCHEZ-VIOQUE, R.; CLEMENTE, A.; VIOQUE, J.; BAUTISTA, J.; MILLÁN, F. Protein isolares from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. **Food Chemistry**, EUA, v. 64, p. 237-243, 1999.

SCHWEIZER, T. F. E.; WÜRSCH, P. The physiological and nutritional importance of dietary fiber. **Experientia**, v.47, p.181-186, 1991.

SEAGRI - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia. **Cultura** - **Mandioca**. <Disponível em

<http://www.seagri.ba.gov.br/Mandioca.htm> >. Acesso em 24 de Outubro de 2006.

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

SILVA, M. J.; ROEL, A. R.; MENEZES, G. P. **Cultivo da mandioca e derivados**. Engorda de Frango Caipira. Campo Grande – MS: 2001. 100 p. Mandioca, Frango, Ração, Silo, Feno.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLES-CASTANHEDA, J.; DE LÉON-RODRÍGUES, A.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Functional and reological properties of amaranth albumins extracted from two Mexican varieties. **Plant Foods for human nutrition**, EUA, v. 59, p. 159-174, 2004.

STUPAK, M.; VANDERSHUREN, H.; GRUISSEM,W.; ZHANG, P. Biotechnological approaches to cassava protein improvement. **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier, St. Joseph, doi:10.1016/j.tifs.2006.06.004, p. 1-9, 2006.

SZYMCZYK, B.; GWIAZDA, S.; HANCZAKOWSKI, P. Nutritive value for rats of unextracted and defatted green fractions of leaf protein concentrate from red clover. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 56, n. 1 e 2, p. 169-75, Nov. 1995.

TANGKA, J. K. Analysis of the thermal energy requirements for the extraction of leaf protein concentrate from some green plants. **Biosystems Engineering**, San Diego, v. 86, n. 4, p. 473-479, Dec. 2003.

TUPYNAMBÁ, M. L. V. C.; VIEIRA, E. C.; Isolation of cassava leaf protein and determination of its nutritive value. **Nutritional Reports International**, v. 19, p. 249-259, 1979.

WOBETO, C. **Nutrientes e antinutrientes da farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em três idades da planta.** 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.