

MARIA DE FATIMA VILHENA DA SILVA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE UM PRODUTO EXTRUDADO
À BASE DE FOLHA E FARINHA DE MANDIOCA

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como parte
das exigências do curso de Mestrado em
Ciência dos Alimentos para obtenção do
grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

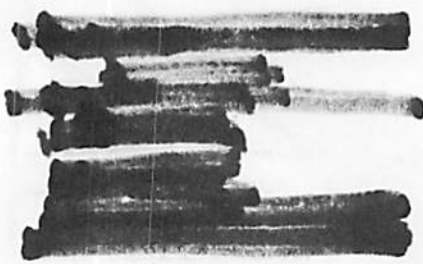
LAVRAS - MINAS GERAIS

1990

MARIA DE FATIMA VILHENA DA SILVA

VALIAÇÃO NUTRICIONAL DE UM PRODUTO EXTRUDADO
A BASE DE FOLHA E FARINHA DE MANDIOCA

Trabalho apresentado à faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências dos Alimentos para obtenção do grau de MESTRE.



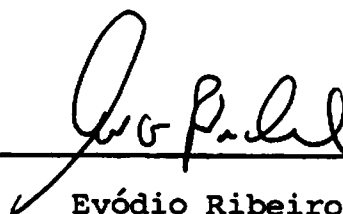
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

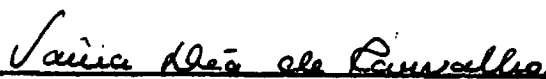
1980

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE UM PRODUTO EXTRUDADO À BASE DE FOLHA E
FARINHA DE MANDIOCA

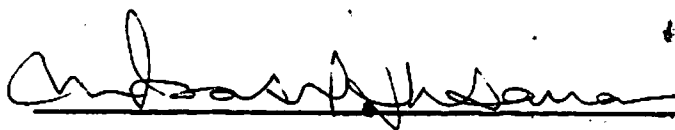
APROVADA:



Evódio Ribeiro Vilela
Orientador



Vânia Déa de Carvalho



Maria Isabel Fernandes Chitarra

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho e exemplos de humildade, sacrifício e incentivo.

Ao meu esposo Hermes, pelo amor, compreensão e inestimável ajuda.

Aos meus filhos, Elaine de Fátima, Marlon-Alex e Aline Natália, pela felicidade de tê-los.

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos pelo curso de Pós-graduação.

Ao governo do Estado do Amapá, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Mestrado.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela pelo apoio, orientação durante o trabalho de dissertação, amizade e outras deferências recebidas no decorrer do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Às professoras Maria Izabel Fernandes Chitarra e Vânia Déa de Carvalho, pelas valiosas críticas, sugestões e amizade.

Ao professor José Alfredo Gomes Arêas e à Rosa Maria Cerqueira Barros do Departamento de Ciência dos Alimentos e Nutrição Experimental da F.C.F. da USP-SP, pelo empenho em apoiar e colaborar nos testes preliminares do processamento e pela amizade.

Ao professor Antonio Flávio Mídio e ao acadêmico Mar-

celo Hayame Omosako do Departamento de Análises Clínicas-Toxicologia da F.C.F. da USP-SP, pelas sugestões e colaboração.

Ao professor Jaime Amaya-Farfán do DEPAN-FEA-UNICAMP, pela consideração e apoio.

Aos professores Lewis Joel Greene e Gilberto João Padovani do CIQP - Fac. de Medicina de Ribeirão Preto - USP, pela ajuda dispensada.

Ao professor Luiz Henrique de Aquino, pela orientação nas análises estatísticas.

Aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos da ESAL, pelos ensinamentos e à professora Maria de Fátima Piccolo pela contribuição prestada.

Aos colegas do curso e de outros Departamentos, pelo convívio e trocas de experiências amistosas e profissionais durante o desenvolvimento do curso.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESAL, pelos esclarecimentos relativos às referências bibliográficas. Em particular ao José Maria dos Santos, pela amizade e presteza.

À ex-funcionária do laboratório da EPAMIG no DCA-ESAL, Sandra Mara Lacerda, que sempre disponível e amiga colaborou em algumas análises químicas.

À Maria Inês Maia dos Santos, pela colaboração direta e/ou indireta durante todo o curso.

Enfim, a todos, que de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À professora Sílvia Maria Franciscato Cozzolino, do DCA e Nutrição Experimental da F.C.F./USP-SP, pelo constante apoio, orientação nos trabalhos de ensaio biológico, sugestões, correção da dissertação e pelo carinho e amizade sincera.

Ao professor Prabir Kumar Chandra, professor visitante do DCA-ESAL, pela grande colaboração nos serviços de computação, pela amizade autêntica e modelo de dedicação profissional.

Aos colegas de curso Elaine Meire de Assis e Eduardo Ramirez Asquieri, pela nobreza de carinho, incentivo e companheirismo de todos os momentos.

A vocês, o nosso muito obrigado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Considerações gerais	4
2.2. Composição química	5
2.3. Utilização de folha como alimento	8
2.4. O processo de extrusão	14
2.5. Efeito da extrusão no valor nutricional	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Preparo da matéria-prima	25
3.1.1. Folhas	25
3.1.2. Farinha	26
3.2. Formulação das misturas	26
3.3. Processamento	27
3.4. Preparo das rações	28
3.5. Testes biológicos	30
3.5.1. Análise do valor biológico das rações	32
3.5.1.1. Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)	32

3.5.1.2. Coeficiente de eficácia protéica (CEP)	33
3.5.1.3. Coeficiente de digestibilidade da proteína (CD)	33
3.5.1.4. Utilização protéica líquida (UPL ou NPU)	34
3.5.1.5. Razão protéica líquida (RPL ou NPR).	34
3.6. Análises químicas	35
3.6.1. Umidade	35
3.6.2. Cinzas	35
3.6.3. Extrato etéreo	35
3.6.4. Fibras	35
3.6.5. Nitrogênio total	36
3.6.6. Fração Nifext	36
3.6.7. Taninos	36
3.6.8. Elementos minerais	37
3.6.9. Lisina-disponível	37
3.6.10. Aminograma	37
3.6.11. Cômputo químico	38
3.6.12. Ácido cianídrico total	38
3.7. Análise estatística	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Composição da matéria prima e dos produtos extruda - dos	40
4.2. Avaliação da qualidade protéica	45
4.2.1. Composição de aminoácidos	45
4.2.2. Níveis de lisina disponível	51

4.3. Composição das rações	52
4.4. Avaliação biológica das rações	53
4.4.1. Índice de crescimento	53
4.4.2. Coeficiente de eficácia protéica (CEP ou PER)	59
4.4.3. Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)	61
4.4.4. Retenção protéica líquida (RPL ou NPR)	61
4.4.5. Coeficiente de digestibilidade aparente e ver dadeira ou real (CD)	63
4.4.6. Utilização protéica líquida verdadeira (UPL ou NPU)	66
5. CONCLUSÕES	71
6. RESUMO	73
7. SUMMARY	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO	95

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curva de crescimento dos ratos alimentados com ração de extrudado A, à base de folha e raiz de mandioca e grupos controles alimentados com ração de caseína, durante 28 dias	56
2	Curva de crescimento dos ratos alimentados com ração de extrudado B, à base de folha e raiz de mandioca e grupos controles alimentados com ração de caseína, durante 28 dias	57

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Composição química da parte aérea da mandioca em função da data de colheita	7
2	Teores de aminoácidos de folhas (mg a.a./100g de matéria seca) e requerimento de aminoácidos essenciais (expresso em mg a.a./dia/homem como referência)	10
3	Composição percentual básica das rações	29
4	Composição química da matéria prima e produtos extrudados à base de farinha e folha de mandioca (matéria seca)	41
5	Teores médios de taninos, cálcio, magnésio, ferro e ácido cianídrico na matéria prima e produtos extrudados à base de mandioca	43

Tabela

Página

6	Perfil de aminoácidos das folhas (A e B) e farinha de mandioca (mg a.a./g total N) e proteína provisional da FAO/WHO (expresso em mg a.a./dia/homem como referência)	46
7	Perfil de aminoácidos das misturas (A e B) e extrudados (A e B) de mandioca (mg a.a./g total N) e proteína provisional da FAO/WHO (expresso em mg a.a./dia/homem como referência).	47
8	Teor de aminoácidos essenciais (mg a.a./g total N), cômputo químico e relação A/E dos aminoácidos do produto extrudado (A) de mandioca, em relação à caseína, proteína provisional da FAO/WHO e proteína padrão requerida para o crescimento do rato	49
9	Teor de aminoácidos essenciais (mg a.a./g total N), cômputo químico e relação A/E dos aminoácidos do produto extrudado (B) de mandioca, em relação à caseína, proteína provisional da FAO/WHO e proteína padrão requerida para o crescimento do rato	50
10	Disponibilidade de lisina em produtos extrudados à base de folha e raiz de mandioca (expresso em mg a.a./100 g)	52

Tabela

Página

11	Composição das rações oferecidas aos animais como fonte alimentar no ensaio biológico ...	53
12	Média e desvio padrão do peso inicial e final, ganho de peso, consumo de proteína, coeficiente de eficácia protéica (CEP) e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) e razão protéica líquida (NPR), dos animais alimentados com rações de extrudados à base de folha e farinha de mandioca, caseína "ad libitum" e "pair feeding", durante 28 dias de experimento	55
13	Média e desvio padrão do nitrogênio ingerido, excretado, absorvido, coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína (CD_{ap} e CD_v) dos animais alimentados com rações de extrudado à base de folha e farinha de mandioca, e caseína, durante 14 dias de experimento	64
14	Valores médios da análise das carcaças dos ratos dos grupos experimentais	67
15	Médias e desvio padrão do nitrogênio ingerido e retido em função da análise de carcaças dos animais alimentados com rações de extrudados à base de mandioca, e rações controle de caseína, durante 28 dias	69

1. INTRODUÇÃO

A deficiência protéica na alimentação humana constitui um grave problema em muitos países em desenvolvimento. Dados fornecidos pelo Estudo Nacional da Despesa Familiar - ENDEF, mostram que no Brasil existe um aporte protéico satisfatório (39). Entretanto, as condições de saúde e a baixa ingestão generalizada de alimentos, interferem no aproveitamento biológico do alimento ingerido, principalmente nas camadas sócio-econômicas de menor poder aquisitivo (16).

Para solucionar tais problemas, o governo tem incentivado a elaboração e a execução de programas, investindo no avanço tecnológico e científico, para obtenção de alimentos de boa qualidade e baixo custo, bem como na educação alimentar da população (36).

Nos países tropicais, há necessidade de se concentrar mais esforços para o desenvolvimento de maior número de culturas, e valorização daquelas amplamente utilizadas pelas populações, como é o exemplo da mandioca (Manihot esculenta), cultura multissecurar, pouco exigente e uma das mais recomendáveis para explora-

ção racional.

Sabe-se que as raízes de mandioca são ricas fontes de carboidratos, sendo preparadas sob diversas formas. Sua folha vem sendo utilizada há muitos anos como fonte de alimento em determinados lugares deste país, como por exemplo na região norte, onde prepara-se a comida regional chamada maniçoba.

O uso associado de raízes e folhas poderia ser mais uma alternativa para melhorar a deficiência calórico-protéica da alimentação humana existente nos países em desenvolvimento, possibilitando sua utilização total.

Torna-se necessário, contudo, o emprego de tecnologias que visem eliminar os fatores limitantes, naturalmente existentes em matérias primas não convencionais, que possibilitem seu melhor aproveitamento e a obtenção de produtos de alto valor nutritivo e de baixo custo.

Um dos processos que atualmente vem sendo empregado na indústria de alimentos para atender essas exigências, tanto na qualidade como no volume de produção, é o processo de extrusão.

A extrusão permite obter um efeito nutricional benéfico no produto final, uma vez que viabiliza a mistura de diferentes fontes de proteínas e outros nutrientes, tornando-o nutricionalmente balanceadas.

Considerando a preocupação como desenvolvimento de métodos que garantam a qualidade nutricional do produto final, o presente trabalho tem por objetivo, estudar a qualidade protéica de duas misturas de farinha e folha de mandioca processadas em um

extrusor nacional através dos métodos biológico, químico e do cômputo químico. Avaliar-se-á também o efeito da extrusão sobre a perda de HCN das referidas misturas, por método químico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais

A mandioca é um dos alimentos mais importantes para cerca de 800 milhões de habitantes de regiões tropicais do mundo. É cultivada em 80 países, sendo que 53% da produção mundial provém de quatro países: Brasil (21,32%), Indonésia (11,2%), Tailândia (10,7%) e Zaire (10,2%), REIS (85) e PHILLIPS (78).

As raízes da mandioca representam o principal valor econômico da planta. São consideradas importantes fontes de calorías em países da África e da América Latina, FERREIRA (34).

O principal destino da raiz de mandioca é o consumo humano. É usada para preparação de inúmeros derivados como raspa, farinha de raspa, amido, beiju, sagu, tapioca, farinha de mesa, etc. Tem também aplicações na indústria de alimentos ou como matéria prima em outras indústrias, (8, 88 e 105).

A quantidade de material foliar produzida pela planta é variável segundo a idade, variedade, técnica de cultivo, condi-

ções do solo e climatológicas. Uma média estimada de 1,62kg de folhas é produzida por planta que rende 2,93kg de raízes. Isso desperta maior interesse para a utilização das folhas como alimento, TORRES (99).

As mandiocas são classificadas como amargas e doces ou "bravas" e "mansas", respectivamente, de acordo com o teor de ácido cianídrico (HCN), BATTISTI (8) e ELTINAY (32).

Segundo Godoy, citado por TIESENHAUSEN (98), a mandioca "brava" contém de 0,0275% a 0,0442% de HCN e a "mansa" um teor máximo de 0,0238% de HCN.

2.2. Composição química

LIMA (61), considerando a parte central da mandioca e a casca branca como um todo (eliminando a película parda externa) admite a seguinte composição para a raiz: 65 a 75% de água, 2,5% de proteína bruta, 1,5 a 2,5% de celulose, 0,1 a 0,5% de matéria graxa, 18,23% de fécula e 0,5 a 1,9% de cinza. Para as raspas, cita a seguinte composição química: 6,6 a 13,67% de umidade, 62,14 a 72,71% de amido, 0,87 a 2,87% de material protéico e 0,69 a 2,12% de cinza.

Segundo o mesmo autor (61), cada variedade de mandioca possui suas peculiaridades, e diversos fatores podem influenciar na sua qualidade e rendimento. Assim sendo, determinou em diferentes farinhas de mandioca as seguintes variações na composi-

ção química: 9,98 a 14,6% de umidade, 69,1 a 77,0% de fécula, 0,9 a 1,3% de proteína bruta, 4,7 a 5,3% de celulose, 0,8 a 1,2% de cinza, 5,5 a 9,6% de extrativos não nitrogenados. Para farinhas seca e d'água, encontrou respectivamente: 15% de umidade para ambas, 67,66 e 69,46% de amido, 1,01 e 1,07% de proteína bruta, 0,48 e 0,45% de matéria graxa, 3,29 e 1,89% de celulose, 0,21 e 1,02% de cinza e 11,95 e 10,66 de extrativos não nitrogenados.

Apesar de pobre em proteínas e lipídios, a raiz da mandioca é rica em carboidratos, contendo também pequenas quantidades de vitaminas B, D e E, AMANTE (4) e TORRES (99).

CORREA (23), estudando a composição química de raspas de mandioca obtidas em máquinas apropriadas, determinou os seguintes valores (na matéria natural): 11,88 a 14,47% de umidade, 88,12 a 88,53% de matéria seca, 2,36 a 3,55% de proteína bruta, 1,72 a 2,37 de minerais, 1,61 a 2,72 de fibra, 0,19 a 0,22% de cálcio, e 0,06% de fósforo.

Resultados de pesquisas têm evidenciado altos teores de nutrientes existentes na parte aérea da mandioca. CORREA (22), estudando a cultivar IPEACO-1 na idade de 12 meses, verificou na composição química das ramas, teores de 15,25% para proteína bruta, 15,15% para fibra bruta e 21,35% para carboidratos.

GRAMACHO (42), obteve, respectivamente, para os fenos de folhas e de ramas de mandioca, teores de 28,67% e 13,01% de proteína bruta e 13,71% e 30,80% de fibra bruta.

JESUS (54), analisando 10 variedades de mandioca, obteve de 21,55 a 25,14% de proteína bruta na matéria seca da folha

e de 5,58 a 6,70% na matéria fresca. FIGUEIREDO & REGO (35), estudando sete cultivares de mandioca, observaram que o teor protéico das folhas foi oito vezes superior ao das raízes.

CARVALHO et alii (15) obtiveram para o farelo da parte aérea, os teores de 89,78% de matéria seca, 13,90% de proteína bruta, 14,74% de carboidratos solúveis, 0,81% de cálcio e 0,175 de fósforo. MENDES et alii (65), estudando a cultivar Salangorzi-
nha, encontraram 9,5% de proteína bruta, 22,4% de fibra bruta, 0,93% de cálcio e 0,29% de fósforo.

Sabe-se que a época da colheita é um dos fatores que interfere na composição química da parte aérea da mandioca, isto pode ser observado pelos dados citados por CHAVES (20), apresentados na tabela abaixo.

TABELA 1 - Composição química da parte aérea da mandioca em função da data de colheita.

Composição	Colheita			
	% MS	02/09	16/09	30/09
Proteína bruta		33,1	31,4	27,3
Fibra bruta		30,2	35,9	44,3
Cinzas		8,0	5,4	4,6
Cálcio		1,2	1,5	0,5
Magnésio		0,4	0,6	0,6
Fósforo		0,9	0,8	0,6

FONTE: CHAVES et alii (1981).

CARVALHO & KATO (18), compilando os resultados em porcentagem de proteína bruta (PB) e fibra bruta (FB) das folhas e da parte aérea da mandioca, citam os seguintes valores para as folhas fresca e seca respectivamente: 7,1 e 25,0% de PB, 1,4 e 13,3% de FB.

As diferenças encontradas tanto na raiz como na parte aérea da mandioca, são atribuídas à diversidades de clima, época de plantio, sistema de cultivo e momento da colheita, CORREA(23) e AMANTE (4).

2.3. Utilização de folha como alimento

Com o contínuo aumento da população e conseqüente demanda por alimento, as pesquisas têm procurado atender a esse aspecto, no sentido de maior produção de proteína comestível extraída de folhas.

As folhas constituem uma importante fonte de nutrientes essenciais para o homem e animais, entretanto, possuem altos níveis de material estrutural fibroso que não podem ser digeridos pelo homem, (58, 75 e 94). Segundo ALLEN (3) e MOLINA (68), o consumo direto de folhas verdes está fortemente limitado não só pelo alto teor de fibra, como também pela presença de substâncias tóxicas, fatores antinutritivos e pelo sabor.

Estudos vêm sendo desenvolvidos para submeter o material foliar a processos tecnológicos apropriados, que permitam e-

eliminar, consideravelmente, os fatores limitantes mencionados. Também são aplicados métodos de extrusão para o melhor aproveitamento e rendimento da proteína foliar extraída, e entre eles tem sido demonstrado que, uma das formas mais eficientes para sua utilização, é o preparo de concentrado protéico de folhas (CPF), ESPINDOLA (33) e PIRIE (82).

Os concentrados protéicos foliares são considerados boas fontes de vitaminas lipossolúveis (Vit. A), ácidos graxos e minerais. Os lipídeos contidos nesses concentrados, apresentam alta concentração de ácidos graxos insaturados, o que tem sido objeto de grande interesse, para aproveitá-los em misturas alimentícias, STRANO (94) e HUDSON & KATO (48).

ROSAS-ROMERO & BARATA (86) avaliaram biologicamente concentrado protéico de folha de mandioca (CPF) o qual na forma crua continha alto teor de tanino, 47% de proteína e altos níveis de inibidores de quimotripsina e tripsina. Aplicando a reação de plasteína ao CPF cru, resultou um produto com 90% de proteína, reduzido teor de tanino e baixa concentração dos inibidores de tripsina e quimotripsina, a nível não detectável. Os parâmetros biológicos para esse CPF foram os seguintes: PER = 2,2; NPR = 3,4; TD = 82,5%; VB = 73,6% e NPU = 60,7%.

As proteínas foliares não são tão boas nutricionalmente como a proteína animal, mas são melhores do que a maioria das proteínas de sementes, cereais e legumes, (56, 82 e 94).

Alguns trabalhos demonstraram que as proteínas das fo

lhas e da parte aérea da mandioca apresentam um balanço de aminoácidos adequados, deficientes apenas em aminoácidos sulfurados, principalmente metionina, e com altos teores de lisina, CARVALHO (18) e MOLINA (68).

CARVALHO & KATO (18), reportaram em seus estudos, o conteúdo de aminoácidos da folha de mandioca, comparado ao padrão da FAO/WHO, na Tabela 2.

TABELA 2 - Teores de aminoácidos de folhas (mg a.a./100g de matéria seca) e requerimento de aminoácidos essenciais (expresso em mg a.a./dia/homem como referência).

Aminoácidos	Folha	Padrão FAO/WHO	Aminoácidos	Folha	Padrão FAO/WHO
Ácido aspártico	2,62	-	Treonina	1,27	1,07
Serina	1,33	-	Ác. Glutâmico	2,64	-
Prolina	1,19	-	Glicina	1,39	-
Alanina	1,54	-	Valina	1,48	1,50
Isoleucina	1,29	1,23	Leucina	2,29	2,96
Tirosina	1,08	1,05	Lisina	1,85	1,60
Fenilalanina	1,50	1,05	Histidina	0,57	-
Arginina	1,36	-	Triptofano	0,38	0,39
Metionina	0,42	0,64	Cistina	0,353	0,64

FONTE: NARTEY & MOLLER, compilados por ALBUQUERQUE e CARDOSO (1980).

Os compostos polifenólicos, responsáveis pela aparição de cores e sabores dominantes presentes nas folhas, têm despertado muito interesse pelas propriedades antinutricionais. Podem ligar-se às proteínas, torná-las menos solúveis e diminuir sua digestibilidade, HORIZOME & KANDATSU (47). Também podem formar interações específicas com o grupo epsilon-amino da lisina, diminuindo a disponibilidade deste aminoácido essencial, DOUIL - LARD (27).

Em estudo com ratos, foi detectado que alguns concentrados protéicos foliares (fração verde) ocasionaram dermatite e fotosensibilização pela presença de produtos de degradação das ciclofilas (feoforbidas e filoeritrinas), MONTIES (69). Diferentes tratamentos tecnológicos podem produzir diversas reações entre os constituintes foliares e pigmentos, determinando diminuição na estabilidade destes, como também podem facilitar sua utilização eficientemente para alimentação animal, (6, 26, 83 e 90).

A presença de alcalóides nas folhas poderia constituir um problema de toxicidade, porém não constitui risco considerável nos isolados e concentrados protéicos foliares, dado que os alcalóides solúveis em ácido não precipitam depois da extração e poderiam ser eliminados pelas lavagens, PIRIE (84).

Os vegetais são capazes de sintetizar os mais numerosos glicosídeos, e a toxidez intrínseca destes poderá produzir efeito antinutritivo, dependendo do caráter glicosídico e do modo das preparações protéicas, MONTIES (69).

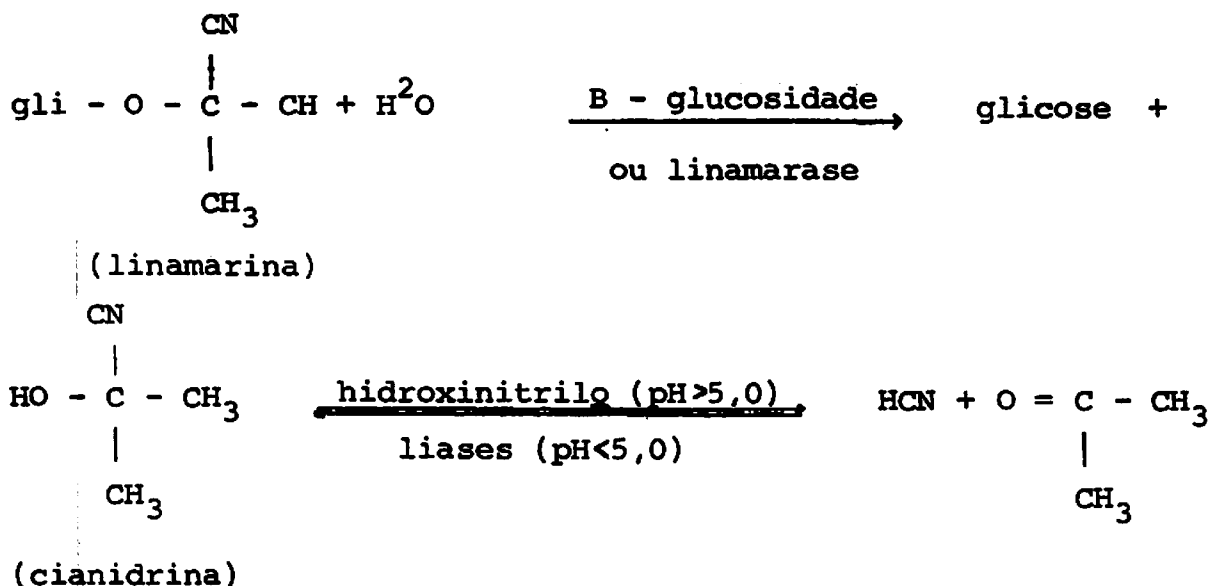
Entre os glicosídeos mais frequentes que se têm encontrado nas folhas verdes das plantas, pode-se mencionar os glicosídeos cianogênicos, glicosídeos bocigênicos e agentes do flavismo, cujos efeitos têm sido revisados por LIENER (60).

As folhas de mandioca são objetos de grande estudo como fonte alimentar, por apresentar na sua constituição o glicosídeo cianogênico, o qual pode limitar sua utilização como alimento.

O princípio tóxico da parte aérea da mandioca é formado pelo complexo toxicogênico de glicosídeo-acetona-cianeto, ligados na forma de glicosídeo-cianogênico, e apresenta como produtos de decomposição final acetona e o ácido cianídrico-glicose, (98).

Segundo Oke, citado por MOLINA (68) e TELES (97), a linamarina, responsável pela formação do ácido cianídrico, é hidrolisada pela ação da enzima linamarase, primeiramente em glicose e cianidrina. Esta por sua vez se decompõe em acetona e ácido cianídrico, pelo que o cianeto da mandioca pode apresentar-se como ácido cianídrico livre ou cianeto combinado (glicosídeo ou cianidrina).

O mecanismo de decomposição enzimática da linamarina é sugerido por Conn citado por TELES (97) e por Cooke citado por MOLINA (68), pela seguinte reação:



Munoz e Casap, citados por BATTISTI (8) analisaram o teor de HCN em 10 variedades de mandiocas bravas e concluíram que em geral o HCN contido nas folhas é tão alto quanto o das raízes, considerando que qualquer parte dessa planta é tóxica quando há um consumo direto da mesma. Para alguns autores a toxidez da planta varia de acordo com a idade, variedade, fatores genéticos, ecológicos e fisiológicos, JESUS et alii (55) e BRUJIN (14).

Muitos pesquisadores têm se preocupado em padronizar métodos que possam quantificar a perda de HCN da matéria-prima e/ou produtos de mandioca, para garantir o seu consumo. Brassis & Fafunso, citados por CARVALHO (17), mostraram uma perda eficaz de 82 a 88% de HCN de folhas de mandioca, quando picadas e fervidas por 15 minutos.

Embora tenha sido citado por vários autores que a simples fervura ou cocção seja suficiente para remover completamente

o ácido cianídrico, uma extensiva revisão revela que pequenas quantidades de HCN sempre persistem, LANCASTER & BROOKS (59). O consumo crônico de produtos de mandioca contendo baixos níveis de HCN produz bócio e neuropatias, UKUN (41) e JESUS et alii (55).

TELES (97) cita em uma revisão sobre liberação de HCN de produtos de mandioca, que o processo de extrusão é um ótimo método para sua completa detoxificação.

Os estudos indicam que os modos de processamento influenciam grandemente na redução do teor de HCN dos produtos de mandioca (18, 55 e 71). Por essa razão considera-se importante a aplicação de testes biológicos, para verificar os efeitos da toxicidade dos produtos de mandioca, principalmente porque o complexo tóxico poderia incluir substâncias não-cianídricas, JESUS et alii (55) e MOLINA (68).

2.4. O processo de extrusão

A extrusão é uma tecnologia que vem ganhando destaque e expansão na indústria de alimentos por ser um importante processamento, aumentando a variedade de alimentos processados, e com inúmeras vantagens sobre outros processos nessa área.

Essa expansão vem sendo alcançada cada vez mais, por oferecer condições de elaborar produtos enriquecidos de nutrientes que melhorem o seu valor nutricional. Segundo SMITH (91) tal

aplicação poderia ser inserida com grande eficácia em programas de assistência às populações mal nutridas.

Entre as várias vantagens que esse processo oferece, destaca-se sua grande versatilidade, alta eficiência termodinâmica, baixo custo operacional e menor requerimento de mão-de-obra e espaço para produção, (2, 30 e 46). Tal técnica permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias destinadas ao consumo humano, produzindo uma variedade de produtos tais como alimentos infantis, proteínas vegetais texturizadas, bebidas em pó instantâneas, amidos modificados para uso industrial, rações pré-cozidas para animais, refeições ligeiras de cereais e "snacks" e diversos outros produtos, EL-DASH (31) e HARPER (44).

Embora se constate uma série de vantagens nesse processo, DIXON (25) cita desvantagens que podem ocorrer, como a modificação de aroma e cor do produto, o que poderá ser um problema para sua aceitação; todavia pode ser resolvido após o processamento.

A extrusão é um processo contínuo onde o atrito mecânico combina-se com o tratamento térmico, ocorrendo a plasticização do material protéico, reestruturação e produção de novas texturas e formas, EL-DASH (31).

Segundo HAUCK (46), a gelatinização do amido, desnaturação protéica, reestruturação dos componentes, resulta dos efeitos combinados da elevada temperatura, pressão e alto atrito mecânico produzido dentro do cilindro do extrusor. O processo tem sido extensivamente empregado como uma tecnologia para texturizar

proteínas vegetais, dando-lhe uma textura fibrosa semelhante à carne, com grande aplicação em programas institucionalizados, (44, 53 e 91).

O extrusor é um equipamento que introduz várias inovações no processamento de alimentos, como também tem várias aplicações no campo da indústria. Para utilizar efetivamente esse potencial, é necessário pois, conhecer os elementos da engenharia, as mudanças físicas e químicas envolvidas no processo e os meios de controle, os quais possibilitam a obtenção de produtos tecnologicamente distintos, EL-DASH (30).

Para VILELA (104), as principais variáveis que influenciam no processo são: o desenho da rosca e da matriz, velocidade de alimentação da matéria-prima, temperatura e rotação da rosca, teor de umidade, granulometria e composição química da matéria prima.

A extrusão é classificada como um processo de alta temperatura e curto tempo (HTST). Tal processamento segundo BJORCK (11), é preferido em termos de retenção de nutrientes e mais efetivo na destruição de inibidores de microorganismos e de contaminantes.

O controle das condições de extrusão como temperatura, taxa de compressão da rosca, taxa de alimentação, teor de umidade e formulação do alimento é essencial para garantir a boa qualidade do produto e evitar a perda de nutrientes. Do mesmo modo é fundamental o conhecimento dos fenômenos que ocorrem durante o processo, para explicar sobre as interações dos componentes do ali-

mento e seu efeito nas características finais do produto, BJORCK (11) e EL-DASH (31).

Segundo CHEFTEL (21), é difícil determinar-se precisamente as diferentes combinações das variáveis envolvidas no processo, para explicar claramente as modificações físico-químicas e químicas que ocorrem nos alimentos, após seu processamento.

2.5. Efeito da extrusão no valor nutricional

O processo de extrusão contribui muito para a qualidade do alimento. A brevidade do tratamento térmico reduz o dano a nutrientes termo-sensíveis como certos aminoácidos e vitaminas, HARPER (44). De acordo com essa afirmativa, JANSEN et alii (53) avaliando nutricionalmente uma mistura de cereais com soja submetida ao processo de extrusão, observaram que o processo melhorou a digestibilidade dos alimentos devido a gelatinização do amido e desnaturação protéica.

CHAUHAN et alii (19), prepararam misturas de arroz-soja, arroz-"bengal gram" e arroz-"black gram", cereais procedentes da Índia, numa proporção de 75:25 e processaram por extrusão. Os valores de PER em ensaios com ratos, foram de 2,25; 2,30 e 2,28 para as misturas extrudadas, respectivamente, comparados com 2,10; 1,89 e 1,89 para as respectivas misturas cruas. A extrusão reduziu os fitatos presentes na matéria-prima numa faixa de 20,3 a 26,8% e os produtos finais apresentaram boa textura e palatabili-

dade.

Misturas alimentícias têm sido preparadas, com a intenção de atender aos requerimentos nutricionais da população. MO LINA et alii (67), extrudaram misturas de milho:soja e arroz:soja numa proporção de 70:30 à temperaturas de 148°C e 132°C e diferentes aberturas da matriz (0,6; 1,0 e 1,4mm), e através de ensaio biológico com ratos, obtiveram valores de PER de 2,23 e 2,32 para as respectivas misturas, semelhantes ao da caseína corrigido para 2,5. Foi notado nesse experimento, que os valores para o PER e NPR diminuíram com maior abertura da matriz, e a temperatura de extrusão apresentou uma correlação positiva com os índices testados.

JANSEN et alii (53) avaliaram misturas de milho integral e semente de algodão extrudadas a 170°C e obtiveram um PER de 1,52. A adição de lisina nessa mistura aumentou significativamente o PER para 2,21. O gossipol livre da semente de algodão, foi reduzido a 0,21% pelo processo de extrusão. No mesmo estudo foi extrudado farinha de soja integral e obteve-se um PER de 2,0, próximo ao da caseína corrigido para 2,5. Foi verificado que o processo inativou 52% da atividade antitripsica.

AGUILLERA & KOSIKOWSKI (1) prepararam diferentes misturas à base de milho-soro-soja, as quais foram a seguir extrudadas para posterior avaliação nutricional. Utilizaram soro parcialmente desmineralizado e delactosado. As misturas foram preparadas em diferentes proporções dos ingredientes, sendo que um dos preparos foi comparado nas condições crua e cozida convencionalmente. Estatisticamente os resultados de PER foram iguais entre si, va -

riando entre 2,39 a 2,70, e semelhante ao da caseína corrigido para 2,5.

O efeito das variáveis do processo de extrusão (taxa de alimentação, temperatura, rotação da rosca, expansão do extrudado) sobre produtos à base de farinha de trigo e de peixe, foram estudados por BAHTTACHARYA et alii (10). Os resultados indicaram que a taxa de alimentação teve um efeito máximo sobre a digestibilidade protéica, seguida pela temperatura de extrusão. A expansão do extrudado e rotação da rosca pareceram insignificantes sobre a digestibilidade protéica, segundo análises estatísticas. Foi também observado que o aumento na temperatura de extrusão acentuou o grau de inativação dos inibidores de protease na farinha de trigo, e por esse motivo, os valores de digestibilidade protéica foram aumentados.

Numa extensa revisão sobre os efeitos nutricionais da extrusão, CHEFTEL (21) cita que farinhas de soja descascada, soja desengordurada ou mistura de milho e soja, extrudadas a uma temperatura de 140°C a 170°C e 15% de umidade, tiveram uma inativação dos inibidores da tripsina na ordem de 70% a 95%. Foi verificado também que o valor nutricional da proteína melhorou, mostrado através do PER determinado em ratos, de 1 para 2,5, após extrusão da soja crua.

Foi desenvolvida uma tecnologia de extrusão de baixo custo (LEC) pela Universidade do Estado de Colorado, com misturas de sementes oleaginosas, cereais e legumes destinados a programas de assistência à populações mal nutridas em países em desenvolvimento. As misturas foram fortificadas com vitaminas, minerais e a

minoácidos como lisina e metionina. O ensaio biológico com ratos, utilizando esses preparos, resultou em um PER semelhante ao da caseína, HARPER & JANSEN (45).

Determinadas condições de processamento e formulações impróprias de misturas alimentícias, podem induzir a perdas nutricionais, provocando efeitos indesejáveis, CHEFTEL (21). Condições severas de tratamento pelo calor diminuem a digestibilidade protéica; os diferentes mecanismos do processo podem afetar diretamente a disponibilidade biológica de aminoácidos como a oxidação e dessulfurização dos aminoácidos sulfurados; o aquecimento na presença de açúcares redutores que diminuem a disponibilidade de lisina, principalmente pela reação de Maillard, BJORCK & ASP (11).

NOGUCHI et alii (73) estudaram o efeito da extrusão em farinha de cereal e mistura de cereal com legumes, nas condições de temperatura a 180°C , rotação da rosca a 100 rpm e teor de umidade a 15%. A adição de açúcares redutores na mistura provocou uma perda de lisina de 37% e 50%, respectivamente, determinada pelos métodos químicos de lisina-reativa FDNB (1-Fluoro-2, 4-Dinitrobenzeno) e bioavaliação pelo NPU, através de ensaio biológico com ratos. O aumento do teor de umidade inicial das misturas, aumentou a retenção de lisina. No entanto, resultados contrários foram observados por TSAO et alii (100), ao extrudarem misturas de cereais. Aumentaram o teor de umidade de 15% para 20% nas mesmas condições de extrusão do trabalho anteriormente citado e observaram que a perda de lisina não apresentava relação direta com o aumento de teor de umidade.

BHATTACHARYA et alii (10) extrudaram misturas de farinha de trigo e peixe nas proporções de 1:1 e 1:3, mantendo constante a temperatura a 140°C e teor de umidade a 35%. Foi observado através dos dados, que ocorreu uma leve reação de Maillard, devido ao alto teor de umidade. A digestibilidade protéica da mistura 1:3 aumentou de 75,5% para 82,9%, em relação a mistura não-extrudada, atribuindo-se esse aumento à presença de maior quantidade de proteína de peixe, de melhor qualidade.

BEAUFRAND et alii (9) efetuaram um estudo sobre diferentes fatores que podem interferir no processamento de extrusão, em relação à composição da mistura e aos parâmetros tecnológicos. Prepararam misturas à base de cereais e extrudaram-nas a 200°C , 60 rpm e 9% de umidade inicial. As análises mostraram 32% de perda de lisina total. Adicionando 7,2% de sacarose nas misturas sob as mesmas condições de extrusão, a perda de lisina aumentou para 40%. Substituindo a sacarose por um açúcar redutor (frutose), a perda alcançou 80%. Todavia ao modificar o teor de umidade para 13%, na mistura contendo sacarose, o teor de lisina diminuiu 4%. No ensaio biológico, o CEP das misturas cruas foram iguais a 2,07 e das extrudadas foi de 1,43. Essa diminuição foi atribuída ao menor consumo da dieta, pelos animais do grupo que recebeu o produto extrudado. A suplementação de 0,4% de lisina ao produto extrudado elevou o CEP para 2,15.

Estudo semelhante foi realizado por NOGUCHI et alii (73) ao produzirem biscoitos extrudados fortificados com 22% de proteína e adicionados de 20% de sacarose. O processo ocorreu sob severas condições (temperatura de 210°C , 13% de umidade, rotação

da rosca de 80 rpm e tempo de residência de 1 minuto). Através dos dados foi verificado grande perda de lisina, e diminuição na digestibilidade protéica.

O processo de extrusão provoca efeito contrário entre os resultados obtidos para lisina disponível e digestibilidade da proteína, diminuindo o primeiro e aumentando o segundo como consequência do efeito do calor sobre a desnaturação protéica e reações de escurecimento, PERI et alii (77).

De Muelenaere & Buzzard (1969), citados por PERI et alii (77) extrudaram farinha de soja e mistura de soja com leite em pó desnatado e observaram que após a extrusão ocorreu 28% de perda de lisina no segundo preparo. Estes autores (76), realizando um experimento semelhante, explicam que a causa de destruição de lisina ocorreu em função de pequena quantidade de lactose presente no leite em pó, o que provocou aumento de dano, devido a incidência de calor e reações de Maillard, durante o processamento.

NOGUCHI et alii (73) sugerem que a perda de lisina seja diretamente relacionada com a reação de Maillard, pela presença de açúcares no preparo das misturas, enquanto SAHAGUN & HARPER (75) sugerem que a perda de lisina seja favorecida pela dextrinização do amido presente nas misturas.

BJORCK et alii (12) avaliaram a disponibilidade de lisina em misturas de cereais após a extrusão, através dos métodos químico (FDNB 1-fluoro-2, 4-dinitrobenzeno) e biológico (pelo valor biológico e NPU). Sob condições brandas de processamento (temperatura de 170°C, 13% de umidade e 80 rpm), a diminuição de lisi

na foi próximo de 11% para ambos os métodos. Quando as condições do processo foram mais severas (temperatura de 210°C, 18% de umidade e 80 rpm), ocorreu aumento da perda de lisina. Observou-se também que as avaliações pelos métodos biológicos foram mais sensíveis do que pelo método químico.

MCAULEY et alii (62) estudaram refeições matinais a base de cereais submetidos a diferentes processamentos. Um dos produtos foi submetido ao tratamento de expansão ("puffed"), três foram floculados e tostados, e dois cereais foram extrudados. Entre os dois extrudados, um foi levemente tostado e outro fortemente tostado. Os resultados demonstraram que o R-PER (PER-Relativo) foi menor para o cereal "expandido" (-15,3) e maior para o extrudado levemente tostado (69,9). O R-PER para os cereais floculados alcançaram de 1,7 para 16,3, o outro cereal extrudado teve um R-PER de 2,8 e o R-PER para caseína foi considerado igual a 100. Verificou-se que o maior crescimento dos ratos foi do grupo que recebeu dieta à base do extrudado levemente tostado.

Em outro trabalho, MCAULEY et alii (63) sugerem que as diferenças encontradas nos valores de R-PER de produtos levemente e fortemente extrudados, estão relacionadas, respectivamente, com a maior e menor disponibilidade de lisina, correspondente ao grau de escurecimento dos produtos.

PINKOSKI (81) comparou o valor nutricional de farinhas de soja integral tratadas pelos processos de "Promo" (processo caracterizado por não descorticar os grãos e utiliza métodos convencionais de tratamento térmico) e "Extrusão". As farinhas obtidas pelo processo "Promo" apresentaram maior teor de fibra (4,7 a

6,0%) do que aquelas obtidas por "Extrusão" (2,66 a 3,3%). Os resultados para lisina disponível foram de 5,43 g/16g N e 5,68g/16g N, para os respectivos processos. A atividade residual da tripsina foi nula para o primeiro e de 9,65% para o segundo. Através do aminogramas, foi mostrado que os tratamentos sob altas temperaturas não afetaram de modo significativo os aminoácidos cistina e metionina, principais limitantes da soja.

Resultados contrários foram observados por BJORCK et alii (12), ao extrudarem misturas de cereais a altas temperaturas. Os dados indicaram que o aumento na temperatura de extrusão diminuiu os aminoácidos sulfurados, arginina e triptofano, além de favorecer a perda de lisina. Todavia, estes autores sugerem que a diminuição nos valores de metionina total após o aquecimento, pode ser devida a problemas na determinação.

MENDOZA & BRESSANI (66), estudando farinha de Amaranthus, submetida à extrusão, indicaram que a lisina disponível não foi afetada às temperaturas de 146°C e 154°C. A amostra extrudada a 154°C teve maior NPR (3,59) do que a 146°C (3,04) e, ambas tiveram maior NPR comparando-se à amostra crua (2,19). Foi verificado que a presença de substâncias antifisiológicas presentes nos grãos, interferiram no crescimento dos animais ao consumirem a farinha crua.

BRESSANI et alii (13), extrudaram misturas de milho:soja e arroz:soja, numa proporção de 70:30, as quais foram submetidas à avaliação nutricional através do ensaio biológico com ratos. Os resultados obtidos para o PER foram entre 2,13 a 2,21 e NPR entre 3,22 a 3,31, indicando portanto, alta qualidade protéica destes produtos, além de apresentarem boa aceitabilidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo da matéria-prima

3.1.1. Folhas

Foram utilizadas folhas de mandioca das variedades "Guaxupé" e "Engana-ladrão", colhidas no campus da ESAL. As folhas usadas corresponderam ao terço superior, sem o pecíolo.

Após a colheita foi realizada a secagem das mesmas em estufa ventilada a 48°C, entre 18 a 20 horas, até atingirem aproximadamente 10% de umidade.

As folhas secas foram moídas em moinho elétrico e passadas numa peneira de 80 mesh, obtendo-se desse modo as farinhas de folhas, as quais foram armazenadas sob refrigeração em sacos de polietileno com 1000 g em cada saco, designando-se "A" para a variedade "Guaxupé" e "B" para a variedade "Engana-ladrão".

3.1.2. Farinha

Foi utilizada a farinha de mandioca crua de origem comercial, obtida no supermercado de Lavras-MG, e oriunda da mesma região.

3.2. Formulação das misturas

As proporções das misturas formuladas foram calculadas com base no teor de proteínas das farinhas de folha e farinha crua, para obter um teor protéico ao redor de 12%, a saber:

Mistura A:

- farinha de folha de mandioca "Guaxupé" = 40,21%
- farinha crua de raiz de mandioca = 59,79%

Mistura B:

- farinha de folha de mandioca "Engana-ladrão" = 43,57%
- farinha crua de raiz de mandioca comercial = 56,43%

As misturas foram preparadas utilizando-se um misturador elétrico, tipo planetário, em quantidades de 500g.

3.3. Processamento

O processo de extrusão das misturas foi operado em um extrusor experimental de fabricação nacional de rosca única, marca MIOTTO, no Departamento de Ciências dos Alimentos da ESAL. O aquecimento é feito por meio de resistências elétricas com circulação de ar para auxiliar no controle da temperatura. O registro da temperatura ocorre por meio de termopares elétricos, situados um em cada zona de aquecimento, sendo registrado no painel, juntamente com registro da velocidade da rosca e do sistema de alimentação.

Foram realizados testes preliminares variando os teores de umidade em 15%, 18% e 20%. Para atingir a umidade desejada, foi realizado o condicionamento das misturas no misturador, adicionando-se lentamente a quantidade de água requerida, homogeneizando-se a mistura por seis vezes, durante cinco minutos cada vez, em quantidades de 500 g.

Para garantir melhor uniformização da umidade, as misturas foram guardadas numa quantidade de 250 g, em sacos de polietileno, selados e mantidos sob refrigeração durante 24 horas antes de efetuar-se o processamento.

Nos testes preliminares ocorreram problemas de descontinuidade do fluxo, compactação da mistura na entrada do alimentador e paralização do processo, quando testaram-se as misturas com teores de umidade inicial a 15% e 20%. Após vários tes -

tes, o processo desenvolveu-se satisfatoriamente com umidade inicial das misturas de 18%, e alimentação manual.

A extrusão das misturas A e B, sucedeu-se nas seguintes condições:

- . teor de umidade inicial - 18%
- . temperatura: 1ª zona - 100°C
 2ª zona - 160°C
 3ª zona - 150°C
- . rotação da rosca - 160 rpm
- . taxa de compressão - 3:1
- . diâmetro da matriz - 3,9 mm
- . alimentação - manual

Para análise e avaliação biológica dos produtos extrudados, as amostras foram moídas em moinho elétrico, passando por uma peneira de 0,84 mm, guardadas em sacos de polietileno sob refrigeração.

3.4. Preparo das rações

As rações controle, experimentais e aprotéica foram preparadas segundo recomendações da AOAC (7), modificadas no seu preparo com a adição de 0,15% de metionina, conforme recomendação do INSTITUTE OF LABORATORY ANIMAL RESOURCE (52), para as rações controles de caseína e as rações suplementadas com metionina.

Na Tabela 3, vê-se a composição percentual básica das rações utilizadas no experimento.

As rações foram nutricionalmente balanceadas e preparadas ao nível protéico de 9,5%, por ser este o nível da mistura que apresentava melhores características em relação ao teor de fibras.

A composição das misturas salina e vitamínica, seguiram a técnica recomendada pela AOAC (7).

TABELA 3 - Composição percentual básica das rações.

Componentes	%
Proteína	9,5*
Mistura vitamínica	1,0
Mistura salina	4,0
Óleo de soja	8,0
Celulose	1,0
Metionina	0,15**
Sacarose	15,0
Amido de milho q.s.p.	100,0

* Foi utilizado como fonte protéica para as rações controles de caseína, e para as experimentais, dos extrudados.

** Foi adicionado às rações de caseína, e de extrudados suplementados com metionina.

As rações experimentais para a avaliação da qualidade protéica foram as seguintes:

- ração de extrudado A sem suplementação de metionina
- ração de extrudado A suplementada com metionina
- ração de extrudado B suplementada com metionina
- ração de extrudado B sem suplementação de metionina

Todas as rações foram distribuídas em quantidades de 100 g em sacos de polietileno, seladas e guardadas sob refrigeração.

3.5. Testes biológicos

Para o teste biológico foram utilizadas 48 ratos machos albinos, da linhagem Holtzman, provenientes do Biotério do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Os grupos experimentais foram constituídos cada qual por seis animais, com peso variando entre 45 a 50 gramas.

Os animais foram mantidos em gaiolas individuais, recebendo água e alimentação à vontade ("ad libitum"). O grupo controle de caseína "pair feeding" recebeu a ração diária, baseada na média de consumo dos quatro grupos experimentais à base de extrudados de mandioca.

O consumo de alimento foi controlado diariamente e o

peso dos animais uma vez por semana. As fezes foram colhidas diariamente, durante a segunda e terceira semanas do experimento, e conservadas no estado seco para análise de nitrogênio total.

Após o período experimental (28 dias), os animais foram sacrificados por inalação com éter etílico, e suas carcaças foram pesadas, secas, desengorduradas e pulverizadas para análise do nitrogênio total. O grupo aprotéico foi sacrificado com 14 dias.

Durante o experimento, a temperatura ambiente do biotério foi mantida a $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para determinação dos parâmetros biológicos, foram formados 8 grupos de animais que receberam os seguintes tratamentos:

Grupo I : ração controle à base de caseína "ad libitum"

Grupo II : ração controle à base de caseína "pair feeding"

Grupo III: ração à base de extrudado de mandioca sem suplementação de metionina (extrudado A sem met.)

Grupo IV : ração à base de extrudado de mandioca, suplementada com metionina (extrudado A com met.)

Grupo V : ração à base de extrudado de mandioca suplementada com metionina (extrudado B com met.).

Grupo VI : ração à base de extrudado de mandioca sem suplementação de metionina (extrudado B sem metionina).

Grupo VII : ração destituída de proteína (aprotéica).

Grupo VIII: grupo zero, sacrificado no início do experimento para análise de carcaça.

3.5.1. Análise do valor biológico das rações

O valor biológico foi realizado utilizando os seguintes índices:

3.5.1.1. Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)

O coeficiente de eficácia alimentar é determinado pela relação entre o ganho de peso dos animais e o consumo de ração, o qual representa o aumento de peso do animal por grama de ração ingerida (76). O CEA é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{CEA} = \frac{\text{ganho de peso (g)}}{\text{consumo de ração (g)}}$$

3.5.1.2. Coeficiente de eficácia protéica (CEP)

O coeficiente de eficácia protéica representa o aumento de peso do animal por grama de proteína ingerida, PELLET & YOUNG (76). O CEP é calculado pela seguinte fórmula:

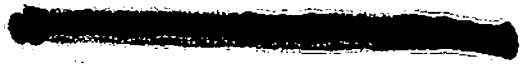
$$\text{CEP} = \frac{\text{ganho de peso (g)}}{\text{consumo de proteína (g)}}$$

3.5.1.3. Coeficiente de digestibilidade da proteína (CD)

Foi determinado o coeficiente de digestibilidade aparente (CDap) e o coeficiente de digestibilidade verdadeiro (CDV) da proteína.

O coeficiente de digestibilidade é dado pela relação entre o nitrogênio absorvido (NA) e o nitrogênio ingerido (NI) pelo animal, onde o nitrogênio absorvido é obtido pela diferença entre o nitrogênio ingerido (NI) e o nitrogênio fecal (NF) eliminado, PELLET & YOUNG (76). O coeficiente de digestibilidade é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{CDap} = \frac{\text{NI} - \text{NF}}{\text{NI}} \times 100 \quad \text{ou} \quad \text{CDap} = \frac{\text{NA}}{\text{NI}} \times 100 \quad \text{NA} = \text{NI} - \text{NF}$$



$$CD_v = \frac{NI - (NF - Ne)}{NI} \times 100$$

Ne = Nitrogênio fecal do grupo aprotéico (Nitrogênio endógeno).

3.5.1.4. Utilização protéica líquida (UPL ou NPU)

A utilização protéica líquida é dada pela relação percentual do nitrogênio retido (NR) pelo animal e o nitrogênio ingerido (NI), PELLET & YOUNG (76). Foi determinado o NPU verdadeiro (NPU_v) calculado pela seguinte fórmula:

$$NPU_v = \frac{NR - No}{NI} \times 100$$

No = Nitrogênio da carcaça do grupo zero.

3.5.1.5. Razão protéica líquida (RPL ou NPR)

A razão protéica líquida é determinada pela somatória do ganho de peso do grupo teste e a perda de peso do grupo aprotéico, relacionada com a proteína ingerida pelo grupo teste, PELLET & YOUNG (76). O NPR é calculado pela seguinte fórmula:

$$NPR = \frac{\text{ganho de peso do grupo teste} + \text{perda de peso do grupo aprotéico}}{\text{consumo de proteína do grupo teste}}$$

3.6. Análises químicas

3.6.1. Umidade

(5). A umidade foi determinada segundo o método da AACC

3.6.2. Cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada por gravimetria, em mufla a 550°C, até peso constante, AACC (5).

3.6.3. Extrato etéreo

A fração extrato etéreo foi determinada em extrator contínuo de Soxhlet, empregando-se o éter etílico como solvente, AOAC (7).

3.6.4. Fibras

A determinação de fibras foi realizada seguindo a me-

odologia de VAN DE KAMER & VAN GINKEL (103).

3.6.5. Nitrogênio total

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Microkjeldahl, utilizando o fator 6,25 para transformação deste em proteína, AOAC (7).

3.6.6. Fração Nifext

A fração Nifext foi determinada por diferença da soma das determinações anteriores.

3.6.7. Taninos

Os taninos foram extraídos de acordo com a técnica de SWAIN & HILLIS (95) e determinados pelo método colorimétrico de Folin-Denis, segundo a AOAC (7).

3.6.8. Elementos minerais

A determinação de fósforo foi realizada por colorimetria segundo método da AOAC (7). Os elementos Ca, Mg e Fe foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica baseado nos métodos propostos por SARRUGE & HAAG (89).

3.6.9. Lisina-disponível

A lisina-disponível foi avaliada no Departamento de Nutrição da UNICAMP (DEPAN-FEA), baseada no método de KAKADE & LIENER (57).

3.6.10. Aminograma

O aminograma foi realizado na Escola de Medicina de Ribeirão Preto - USP, no Centro Interdepartamental de Química de Proteína. O método usado baseou-se na hidrólise ácida do material segundo a técnica de SPACKMAN et alii (92) e de MOORE & STEIN (70), empregando o HCl 6N por 22h a $110^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para determinar o triptofano foi aplicada a hidrólise alcalina, segundo a técnica de HUGLI & MOORE (49), usando o LiOH

4N por 24h a $110^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3.6.11. Cômputo químico

O índice químico das proteínas foi determinado com base nos valores obtidos nos aminogramas, apresentados na tabela 7, tomando como referência o padrão da FAO/WHO (37) pela seguinte fórmula:

$$\text{Cômputo químico} = \frac{\text{mg do aminoácido limitante por grama de proteína na amostra}}{\text{mg do mesmo aminoácido por grama de proteína padrão}} \times 100$$

3.6.12. Ácido cianídrico total

O teor de ácido cianídrico foi determinado no Departamento de Análises Clínicas-Toxicologia USP-SP e Departamento de Ciência dos Alimentos da ESAL, baseado nos métodos de IKEDIOBI et alii (51) e NAMBISAN & SUDARENSAN (72).

3.7. Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casuali-

zado, com 7 grupos testes de animais e seis repetições por grupo.

Para a análise estatística foi usada análise de variância com fatorial 2^2 + dois controles, e análise de interações entre os grupos testes. O contraste entre as médias foi calculado pelo teste F e a significância do teste verificada ao nível de 5% de probabilidade, PIMENTEL (80).

Para comparar as médias dos grupos testes, com os controles, pareadamente, foi utilizado o Teste de Dunnet, STEEL & TORRIE (93) e DUNNET (28).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição da matéria prima e dos produtos extrudados

Os dados referentes à avaliação da matéria prima e dos produtos extrudados encontram-se nas Tabelas 4 e 5.

Na Tabela 4, os resultados mostram que o teor de umidade dos produtos após a extrusão diminuiu, sendo um fenômeno considerado normal pela ação da temperatura, ocorrendo perda de vapores na saída do extrusor. Os valores obtidos estão de acordo com os resultados dos trabalhos de VILELA (104) e MENDOZA (66).

O conteúdo de proteína total, na base seca, das folhas de mandioca, apresentou um valor de 30,62% para a variedade "Guaxupé", e 28,74% para a variedade "Engana-ladrão", correspondendo aos limites mencionados por COSTES (24), compreendidos entre 24,10% e 31,60% de proteína e por HAHN (43) que relata limites para a folha de mandioca de 20 a 32%. A farinha crua de mandioca apresentou um teor protéico semelhante a outros trabalhos citados na literatura, AMANTE (4) e LIMA (61).

Através dos resultados obtidos, verifica-se que o pro

TABELA 4 - Composição química da matéria prima e produtos extrudados à base de farinha e folha de mandioca (matéria seca).

Alimento	Componentes %					
	Umidade ^a	Proteína ^a	Extrato etéreo ^a	Fibra ^b	Cinzas ^a	"Fração Nifext" ^c
Folha A	9,0	30,6	9,5	15,3 ± 0,4	4,5	40,1
Folha B	10,1	28,7	8,5	15,6 ± 0,7	5,0	42,2
Farinha crua de mandioca	11,7	1,8	1,8	3,7 ± 0,3	0,7	92,0
Farinha mista A	18,0	12,2	4,6	8,1 ± 0,2	2,2	72,9
Farinha mista B	18,1	11,9	4,4	8,1 ± 0,2	2,5	73,1
Extrudado A	8,9	11,9	4,3	7,4 ± 0,3	2,0	74,4
Extrudado B	8,5	11,6	4,3	8,1 ± 0,1	2,3	73,7

Folha A - oriunda da variedade de mandioca "Guaxupé".

Folha B - oriunda da variedade de mandioca "Engana-ladrão".

Extrudado A - originado da farinha mista A (folha A + farinha crua de mandioca).

Extrudado B - originado da farinha mista B (folha B + farinha crua de mandioca).

a - média de três determinações.

b - média de seis determinações.

c - obtido por diferença.

cesso de extrusão não alterou os valores de proteína, da fração extrato etéreo, de fibra e de cinza. As pequenas diferenças observadas, são atribuídas às limitações da metodologia, em parti-

cular, na determinação de fibra, que foi realizada em seis repetições, calculando-se o desvio padrão para cada amostra analisada.

Na Tabela 5, comparando-se os teores de taninos das misturas em relação aos produtos extrudados, verifica-se uma diminuição nos valores em todas as formas de taninos em mais de 50%. A extrusão das amostras A e B, reduziu as formas oligoméricas de tanino na ordem de 62% e 65% respectivamente, as formas poliméricas, na ordem de 64% e 57% e os taninos totais na ordem de 58% e 61%.

Apesar dos taninos totais, após o processamento, diminuírem em torno de 40%, ainda permaneceram com teores elevados. As formas poliméricas, no entanto, encontram-se relativamente baixas. CARVALHO & KATO (18), encontrando valores semelhantes em seus trabalhos, sugerem que esses teores podem não interferir na digestibilidade das proteínas. GOLDSTEIN & SWAIN (40) reportam que quanto maior o teor de taninos poliméricos, maior é a proporção de proteína indigerível.

Os resultados mostram que as formas oligoméricas do produto final apresentam-se com altos teores e este fato pode elevar o nível de adstringência, afetando a aceitabilidade do produto.

Os estudos também indicam que a extrusão dos produtos à base de mandioca não alterou os valores de cálcio, magnésio e fósforo. Em contraste, os valores de ferro foram aumentados nos produtos processados na ordem de 45% e 55% para as amostras A e B, respectivamente. Supõem-se que esta alteração seja resultado

TABELA 5 - Teores médios de taninos, cálcio, magnésio, ferro e ácido cianídrico na matéria prima e produtos extrudados à base de mandioca.

Alimento	Teor de Taninos (mg/100g) ^a				Minerais ^b				HCN ^a ppm
	Metanol	Metanol (50%)	Água	Totais	Cálcio %	Magnésio %	Fósforo %	Ferro ppm	
Folha A	502,40	879,20	376,80	1758,40	1,96	0,31	0,32	812,06	283,75
Folha B	533,80	910,60	384,65	1829,05	2,05	0,31	0,31	512,16	596,20
Farinha crua de mandioca	ND	ND	ND	ND	0,06	0,04	0,03	ND	31,50
Farinha mista A	266,90	800,70	219,80	1287,40	0,50	0,14	0,14	98,42	132,40*
Farinha mista B	291,20	885,00	291,20	1467,40	0,65	0,14	0,14	114,47	257,38*
Extrudado A	109,90	502,40	141,30	753,60	0,59	0,12	0,13	143,19	25,83
Extrudado B	157,00	580,90	164,85	902,75	0,72	0,13	0,13	176,98	32,60

Folha A - oriunda da variedade de mandioca "Guaxupé"

Folha B - oriunda da variedade de mandioca "Engana-Ladrão"

Extrudado A - originado da farinha mista A (folha A + farinha crua de mandioca)

Extrudado B - originado da farinha mista B (folha B + farinha crua de mandioca)

a - média de seis determinações

b - média de três determinações

ND - não determinado

* - cálculo baseado na proporção aproximada das misturas (40:60)

de combinação deste elemento, como consequência do atrito das partes componentes do extrusor com o alimento durante o processamento.

O processo de extrusão promoveu uma drástica redução do ácido cianídrico nos produtos finais à base de mandioca. Este resultado está de acordo com citação feita por TELES (97) e BATTISTI (8). O mesmo efeito foi também observado na detoxificação de legumes com alto teor de cianeto, sob vários tratamentos, em estudos realizados por OKOLIE & UGOCHOKWU (74). Outros trabalhos também mostram a intervenção de simples processamentos sobre a mandioca e seus produtos, determinando grande redução desse elemento tóxico, (17, 41 e 71).

Sabendo-se que a mandioca é um dos principais alimentos em países tropicais do terceiro mundo, torna-se indispensável adequar processos e métodos que favoreçam a máxima redução de toxicidade de seus produtos utilizados como alimento. Nartey, citado por UKHUN & NKWOCHA (102) afirmam que 50mg de HCN/kg do peso corporal, quando ingerido, pode ser letal para o homem.

Concluimos, portanto, que o processo de extrusão foi altamente eficiente na eliminação do HCN sobre os produtos à base de folha e raiz de mandioca, detoxificando-os a um nível altamente reduzido.

4.2. Avaliação da qualidade protéica

4.2.1. Composição de aminoácidos

Na Tabela 6, verifica-se através da composição aminoácídica, que as folhas de mandioca constituem uma boa fonte de aminoácidos essenciais.

Os resultados do aminograma das folhas de mandioca, quando comparados ao padrão FAO/WHO, mostram que elas são deficientes apenas em aminoácidos sulfurados, concordando com os dados obtidos por outros autores, citados na literatura. Nota-se entretanto, que a farinha de mandioca é deficiente em aminoácidos essenciais.

Os teores de aminoácidos das folhas das duas variedades de mandioca, mostram-se semelhantes entre si.

Na Tabela 7, ao comparar o conteúdo de aminoácidos das misturas de folhas e raízes da mandioca e seus respectivos produtos extrudados, pode-se notar uma diminuição de todos aminoácidos. Apesar dos valores para as misturas terem sido obtidos em função de cálculos equivalentes às proporções citadas no preparo, sugere-se que as diferenças encontradas sejam devidas ao processo de extrusão.

Nota-se pelos resultados, que os aminoácidos sulfurados foram os mais afetados pelo processamento. Embora tenha ocorrido diminuição de todos os aminoácidos nos produtos extrudados,

TABELA 6 - Perfil de aminoácidos das folhas (A e B) e farinha de mandioca (mg aa/g total N) e proteína provisional da FAO/WHO (expresso em mg aa/dia/homem como referência).

Aminoácidos	Folha de mandioca A ¹	Folha de mandioca B ²	Farinha de mandioca ³	Padrão FAO/WHO ⁴
Lisina	352,37	360,37	247,00	343,73
Histidina	136,52	136,05	129,00	
Arginina	362,05	404,68	683,00	
Triptofano	95,23	97,38	72,00	65,50
Ác. aspártico	597,41	683,68	406,00	
Treonina	254,40	251,71	165,00	250,00
Serina	248,13	278,98	204,00	
Ác. glutâmico	802,51	718,95	1009,00	
Prolina	243,30	253,24	172,00	
Glicina	300,40	276,56	160,00	
Alanina	336,24	312,79	235,00	
Cistina	41,11	43,51	90,00	
Metionina	81,67	88,59	83,00	
Sulfurados totais	122,78	122,10	173,00	218,75
Valina	316,71	313,20	209,00	312,50
Isoleucina	253,13	267,21	175,00	250,00
Leucina	548,12	498,71	247,00	437,50
Tirosina	218,40	206,63	100,00	
Fenilalanina	350,51	365,57	156,00	
Aromáticos totais	548,91	511,20	377,00	256,00
Total	5574,21	5557,81	4554,00	

1 - Variedade "Guaxupé".

2 - Variedade "Engana-ladrão"

3 - (57)

4 - (38).

TABELA 7 - Perfil de aminoácidos das misturas (A e B) e extrudados (A e B) de mandioca (mg aa/g total N) e proteína provisional da FAO/WHO (expresso em mg aa/dia/homem como referência).

Aminoácidos	Mistura "A" ¹	Mistura "B" ²	Extrudado de mandioca A ³	Extrudado de mandioca B ⁴	Padrão FAO/WHO
Lisina	289,15	292,35	242,14	248,01	343,73
Histidina	132,01	131,82	97,09	90,06	
Arginina	554,62	571,67	248,57	258,99	
Triptofano	81,29	82,15	63,70	63,91	62,50
Ác. aspártico	482,56	517,07	445,17	404,64	
Treonina	200,76	233,36	183,23	204,40	250,00
Serina	236,05	233,99	220,10	230,56	
Ác. glutâmico	926,40	892,86	718,65	588,76	
Prolina	200,52	204,50	180,10	213,61	
Glicina	216,16	211,29	205,27	205,01	
Alanina	275,50	269,22	263,11	260,18	
Cistina	70,44	71,40	25,53	26,15	
Metionina	82,47	85,24	39,88	49,05	
Sulfurados totais	152,91	156,64	65,45	75,20	218,75
Valina	252,08	250,68	239,60	230,75	312,50
Isoleucina	206,25	211,88	195,13	198,32	250,00
Leucina	370,45	357,75	367,97	350,68	437,50
Tirosina	148,54	146,92	147,56	143,73	
Fenilalanina	235,80	248,21	229,44	244,14	
Aromáticos totais	384,34	395,13	377,00	387,87	357,00

1 - Folha de mandioca "Guaxupé" e farinha de raiz de mandioca comercial.

2 - Folha de mandioca "Engana-ladrão" e farinha de raiz de mandioca comercial.

3 - Obtida da mistura A

4 - Obtida da mistura B

observa-se entretanto, que o triptofano dos produtos finais, foi o único aminoácido que não se apresentou deficiente quando comparado à proteína padrão FAO/WHO.

Segundo PIKE (79), é importante para a avaliação da qualidade de uma proteína, relacionar a quantidade total de aminoácidos essenciais, com o teor total de nitrogênio da proteína que possa promover a síntese celular.

Assim sendo, foram analisadas as limitações da proteína na dos produtos extrudados de mandioca, através do Cômputo Químico dos aminoácidos em relação à proteína do leite (caseína), proteína provisional da FAO/WHO e proteína padrão requerida para o crescimento do rato.

Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 8 e 9.

A análise destas Tabelas, demonstra que os aminoácidos limitantes primário e secundário apresentaram variações de valor dependendo do padrão utilizado. Observa-se porém que os aminoácidos sulfurados para os três padrões utilizados, foram limitantes primários.

O Cômputo Químico, obtido pela relação A/E, dos produtos extrudados em relação à caseína, mostra uma limitação primária de sulfurados totais em torno de 58%, seguido de lisina com 11%. Em relação à proteína FAO/WHO, essa limitação mostrou-se em torno de 61% e 8,2%, para os respectivos aminoácidos.

Os aminoácidos presentes na fração protéica de uma determinada proteína caracteriza o valor biológico da mesma, o qual se relaciona diretamente com seu aminograma, PIKIE & BROWN (79).

TABELA 8 - Teor de aminoácidos essenciais (mg aa/g total N), cômputo químico e relação A/E dos aminoácidos do produto extrudado (A) de mandioca, em relação à caseína, proteína provisional da FAO/WHO e proteína padrão requerida para o crescimento do rato.

$$A/E = \frac{\text{mg do aminoácido essencial}}{\text{g total de aminoácidos essenciais}}$$

Aminoácidos	Extrudado A ¹		Caseína		FAO/WHO		Prot.req.p/rato	
	mg aa/g Total N	A/E	A/E	Cômputo %	A/E	Cômputo %	A/E	Cômputo %
Lisina	242,14	139,63	157,00	88,94**	152,78	91,39**	185,26	75,37**
Triptofano	63,70	36,73	31,21	117,69	27,56	133,27	31,53	116,49
Treonina	183,23	105,66	90,00	117,40	111,11	95,09	103,66	101,93
Cistina	25,53	14,72	7,00	210,30				
Metionina	39,88	23,00	82,40	27,91				
Sulfurados totais	65,41	37,72	89,40	42,19*	97,22	38,80*	124,16	30,38*
Valina	239,60	138,16	130,30	106,03	138,89	99,47	124,16	111,28
Isoleucina	195,13	112,52	104,55	107,62	111,11	101,27	112,73	99,81
Leucina	367,97	212,19	184,00	115,32	194,44	109,13	153,72	138,04
Tirosina	147,56	85,09	112,42	75,69				
Fenilalanina	229,44	132,30	101,21	130,72				
Aromáticos totais	377,00	217,39	213,63	101,76	166,67	130,43	164,76	131,94
Total	1734,18							

1 - Produto obtido da mistura de folha de mandioca da variedade "Guaxupé" com farinha crua da raiz de mandioca.

* Aminoácido limitante primário.

** Aminoácido limitante secundário.

TABELA 9 - Teor de aminoácidos essenciais (mg aa/g total N), cômputo químico e relação A/E dos aminoácidos do produto extrudado (B) de mandioca, em relação à caseína, proteína provisional da FAO/WHO e proteína padrão requerida para o crescimento do rato.

$$A/E = \frac{\text{mg do aminoácido essencial}}{\text{g total de aminoácidos essenciais}}$$

Aminoácidos	Extrudado B ¹	Caseína			FAO/WHO		Prot.req.p/rato	
	mg aa/g Total N	A/E	A/E	Cômputo %	A/E	Cômputo %	A/E	Cômputo %
Lisina	248,01	140,98	157,00	89,79**	152,78	92,27**	185,26	76,10**
Triptofano	63,91	36,33	31,21	116,40	27,56	131,82	31,53	115,22
Treonina	204,40	116,19	90,00	129,10	111,11	104,57	103,66	112,09
Cistina	26,15	14,86	7,00	212,36				
Metionina	48,05	27,31	82,40	33,14				
Sulfurados totais	75,20	42,75	89,40	47,82*	97,22	43,97*	124,16	34,43
Valina	230,75	131,17	130,30	100,67	138,89	94,44	124,16	105,65
Isoleucina	198,32	112,74	104,55	107,83	111,11	101,47	112,73	100,01
Leucina	350,68	199,35	184,00	108,34	194,44	102,53	153,72	129,68
Tirosina	143,73	81,70	112,42	72,67				
Fenilalanina	244,14	138,78	101,21	137,12				
Aromáticos totais	387,87	220,49	213,63	103,21	166,67	132,29	164,76	133,82
Total	1759,14							

1 - Produto obtido da mistura de folha de mandioca de variedade "Engana-ladrão" com fari - nha crua da raiz de mandioca.

* Aminoácido limitante primário.

** Aminoácido limitante secundário.

Segundo TAGLE (96), uma determinada proteína pode apresentar uma composição aminoacídica muito favorável à espécie a que se destina, sem no entanto, ser perfeitamente utilizada a nível celular, uma vez que o processo digestivo e a absorção são de importância vital para sua utilização.

4.2.2. Níveis de lisina disponível

Na Tabela 10, encontram-se os valores obtidos para lisina disponível na proteína dos produtos extrudados à base de folha e raiz de mandioca, na qual pode-se notar que ambos extrudados apresentaram valores semelhantes para lisina disponível; consequentemente, o mesmo ocorreu para lisina bloqueada. A disponibilidade de lisina para os extrudados foi em torno de 57%.

Isto pode ser atribuído ao tratamento enérgico que sofre a proteína durante o processo de extrusão, no qual o grupo ϵ -amino da lisina reage com açúcares presentes na mistura, como mencionam (9, 11 e 62). Os dados obtidos estão de acordo com aqueles encontrados por BEAUFRAND (9) através do método Dinitro - fluorobenzeno (DNFB) e por MCAULEY et alii (64) pelo método Trinitrobenzenosulfônico (TNBS), na extrusão de misturas de cereais, sob condições semelhantes de processamento.

TABELA 10 - Disponibilidade de lisina em produtos extrudados à base de folha e raiz de mandioca (expresso em mg aa/100g).

Fonte protéica	Total de proteína	Lisina total na proteína	Lisina disponível na proteína	Lisina bloqueada
Extrudado A ¹	11,86	3,21	1,84	1,37
Extrudado B ²	11,62	3,71	2,11	1,60

1 Obtido da mistura de folha de mandioca da variedade "Guaxupé", com farinha de raiz de mandioca.

2 Obtido da mistura de folha de mandioca da variedade "Engana-ladrão", com farinha de raiz de mandioca.

4.3. Composição das rações

Pode-se verificar através da Tabela 11 que os resultados da composição das rações estão de acordo com o que se esperava a partir de seu preparo. As pequenas variações são devidas ao efeito técnico operacional durante sua formulação.

TABELA 11 - Composição das rações oferecidas aos animais como fonte alimentar no ensaio biológico.

Rações	Umidade (%)	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)	"Fração Nifext" (%)
Caseína	6,9	9,5	7,6	75,3
Aprotéica	7,2	-	8,1	84,8
Ext. A s/met.	7,3	9,3	8,1	75,2
Ext. A c/met.	7,5	9,6	7,7	75,3
Ext. B c/met.	6,9	9,3	8,2	75,6
Ext. B s/met.	7,2	9,5	7,7	75,6

* Calculada por diferença.

4.4. Avaliação biológica das rações

A avaliação biológica é o método preferido para a determinação da qualidade da proteína, pois através desse método determina-se a biodisponibilidade protéica, que serve de suporte para o crescimento e manutenção do organismo.

4.4.1. Índice de crescimento

Para uma análise mais precisa dos índices biológicos

que avaliam a qualidade de uma proteína, torna-se necessário evitar, o máximo possível, todos os fatores que possam interferir negativamente nos resultados.

Na Tabela 12 e Figuras 1 e 2, verifica-se maior crescimento para os grupos de animais alimentados à base de caseína, especialmente para o grupo controle de caseína "ad libitum", os quais apresentam uma diferença bastante significativa ($P < 0,05$) em relação aos demais grupos experimentais.

Nas Figuras 1 e 2, observa-se que na primeira semana, o crescimento dos animais alimentados com rações à base de extrudados de mandioca com e sem suplementação de metionina, praticamente não se modificou. O crescimento desses animais foi mais visível a partir do final da segunda semana. Este fato sugere uma adaptação dos animais ao consumo destes produtos.

A palatabilidade dos produtos extrudados pode ter influenciado na aceitabilidade dos mesmos, devido ao teor de folhas, que provocou um odor característico.

Entretanto, conforme já discutido anteriormente, o menor crescimento dos animais alimentados com rações de extrudados à base de mandioca, poderia ser devido às limitações de aminoácidos essenciais nesta mistura, e ao alto teor de taninos, presentes no produto final, os quais conferiram menor ingestão do alimento como também, seu menor aproveitamento.

O peso médio inicial dos animais submetidos aos diferentes tratamentos, não diferiu entre si ($P < 0,05$) conforme é demonstrado na Tabela 12.

TABELA 12 - Média e desvio padrão do peso inicial e final, ganho de peso, consumo de proteína, coeficiente de eficácia protéica (CEP) e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) e razão protéica líquida (NPR) dos animais alimentados com rações de extrudados à base de folha e farinha de mandioca, caseína "ad libitum" e "pair feeding", durante 28 dias de experimento.

Grupos	Peso (g)		Ganho Peso (g)	Consumo de Ração (g)	Consumo de Proteína (g)	CEP	CEA	NPR*
	Inicial	Final						
Caseína "ad libitum"	45,1 ± 1,8	158,5 ± 8,7	113,4 ± 8,9	360,7 ± 12,2	34,42 ± 1,16	3,30 ± 0,22	0,31 ± 0,02	4,21 ± 0,19
Caseína "Pair feeding"	45,6 ± 2,3	107,2 ± 3,1	61,5 ± 3,0	191,9 ± 5,2	18,31 ± 0,44	3,36 ± 0,19	0,32 ± 0,02	4,79 ± 0,41
Extrud. A sem met.	45,8 ± 3,4	74,7 ± 5,9	28,9 ± 3,5	195,8 ± 5,9	18,27 ± 0,55	1,58 ± 0,20	0,15 ± 0,02	1,92 ± 0,27
Extrud. A com met.	45,4 ± 3,5	93,8 ± 6,9	48,4 ± 4,1	200,2 ± 10,9	19,17 ± 1,05	2,53 ± 0,27	0,25 ± 0,02	2,95 ± 0,17
Extrud. B com met.	45,5 ± 2,8	91,3 ± 3,7	45,4 ± 3,8	189,4 ± 7,0	17,93 ± 0,66	2,54 ± 0,25	0,24 ± 0,03	2,62 ± 0,37
Extrud. B sem met.	45,4 ± 1,7	70,5 ± 3,1	25,1 ± 4,5	178,2 ± 8,1	16,50 ± 1,14	1,52 ± 0,22	0,14 ± 0,02	2,04 ± 0,17
* Aprotéico	45,7 ± 2,5	35,1 ± 1,8	-10,6 ± 1,2	59,3 ± 9,5				

* duração 14 dias

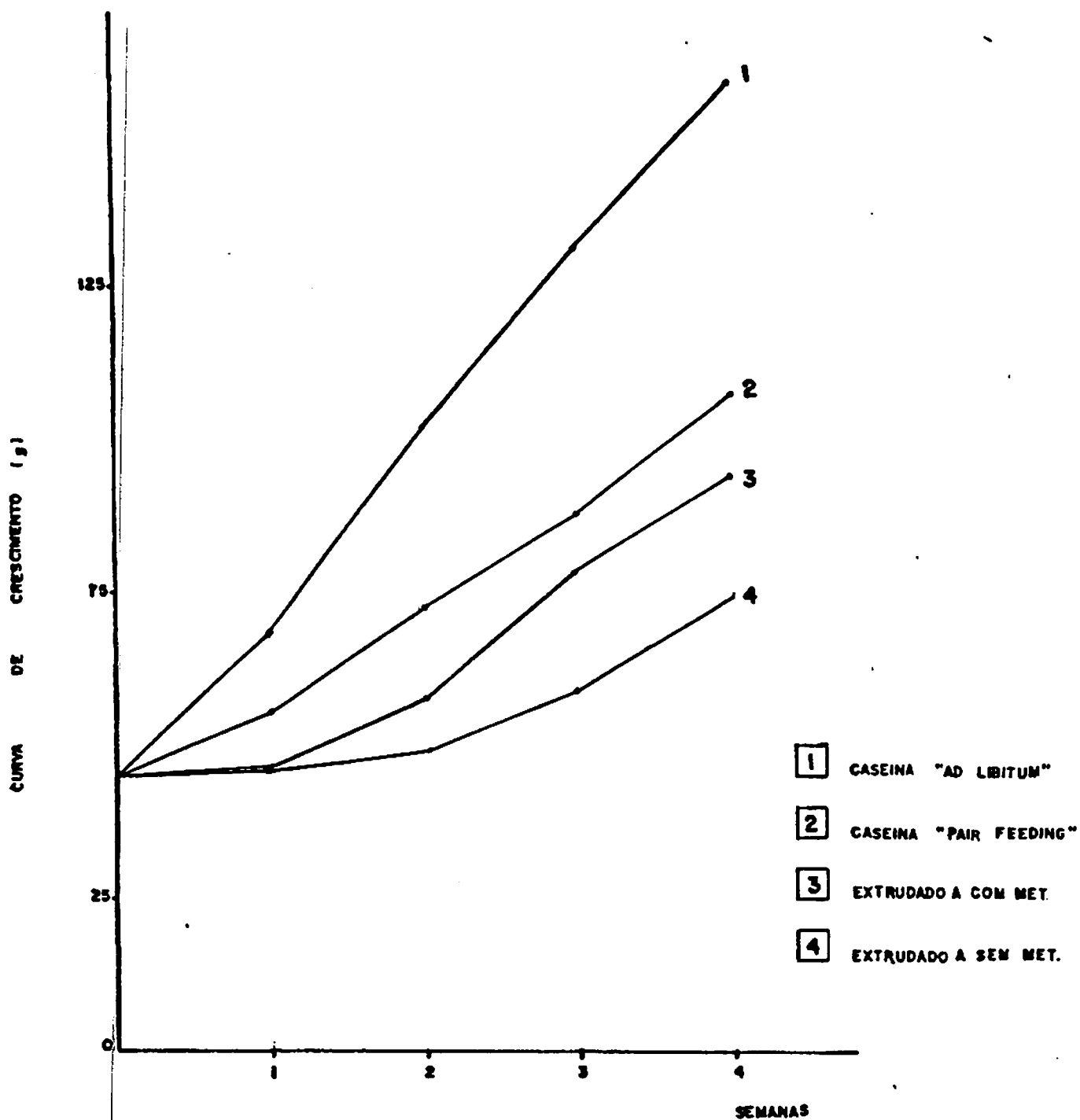


FIGURA 1 - Curva de crescimento dos ratos alimentados com ração de extrudado A, à base de folha e raiz de mandioca e grupos controles alimentados com ração de caseína, durante 28 dias.

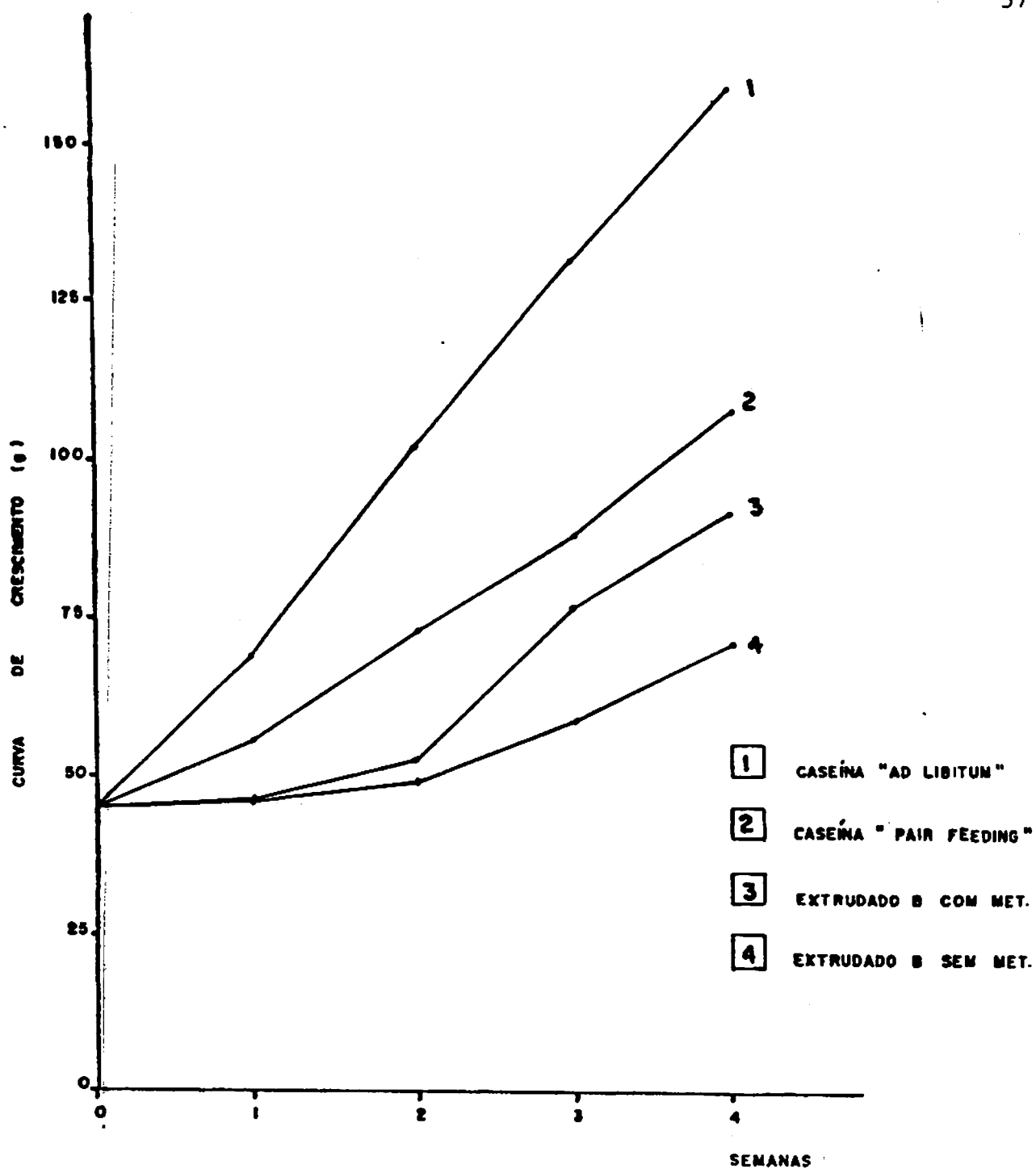


FIGURA 2 - Curva de crescimento dos ratos alimentados com ração de extrudado B, à base de folha e raiz de mandioca e grupos controles alimentados com ração de caseína, durante 28 dias.

Verifica-se que os ratos mantidos com rações de caseína, apresentaram ganho de peso superior àqueles das rações contendo extrudados de folha e raiz de mandioca como fonte protéica. Entre os ratos mantidos com rações de extrudados sem suplementação com metionina, não ocorreram diferenças significativas nos ganhos de peso ($P < 0,05$), do mesmo modo que entre os ratos, alimentados com rações de extrudados suplementados com metionina.

Pode-se verificar também, que a suplementação com metionina nas rações de extrudados de mandioca, melhorou significativamente o ganho de peso dos animais ($P < 0,05$). O grupo controle de caseína "ad libitum", teve um ganho de peso, significativamente superior ao grupo "pair feeding".

O ganho de peso, isoladamente, não é considerado um indicador da qualidade de uma proteína, embora seus resultados sejam refletidos no CEP e CEA, do mesmo modo que o consumo de ração e de proteína.

Sabe-se, entretanto, que o ganho de peso pode estar relacionado à retenção de água e produção de lipídios no organismo, devido a composição do alimento recebido.

Analisando-se a Tabela 12, verifica-se que os resultados para consumo de proteína acompanharam o consumo de ração.

Como pode-se observar, o consumo de ração e de proteína do grupo de caseína "ad libitum" foi superior aos demais grupos estudados. O grupo "pair feeding" de acordo com o protocolo experimental, recebia o alimento baseado na média do consumo de ração dos quatro grupos experimentais mantidos com ração de extru

dados à base de folha e raiz de mandioca. O valor médio foi bastante inferior ao grupo controle de caseína "ad libitum". Este fato já era esperado, uma vez que os animais submetidos à dietas desbalanceadas ingerem menor quantidade de alimento.

Portanto, para solucionar estas diferenças de consumo de alimento nos trabalhos experimentais de avaliação de qualidade protéica, recomenda-se a inclusão de grupo(s) "pair feeding", para favorecer as análises dos dados obtidos.

4.4.2. Coeficiente de eficácia protéica (CEP ou PER)

A Tabela 12 mostra os valores obtidos de CEP dos grupos experimentais.

Pode-se observar que embora o ganho de peso e consumo de alimento tenham sido diferentes para os grupos controle de caseína, o CEP foi semelhante.

Os CEP's dos grupos de animais alimentados com ração à base de extrudados de mandioca sem suplementação de metionina, foram reduzidos cerca de 46% dos obtidos para caseína, e com suplementação desse aminoácido, cerca de 76%.

Estudos recentes de avaliação biológica realizados por MOLINA (68), utilizando concentrados protéicos de folha de mandioca obtidos por métodos de ultrafiltração e de termocoagulação encontraram valores de PER de 1,81 e 1,60, respectivamente.

TORRES (99) e RUIZ (87) também estudando concentrados protéicos de folhas de mandioca, obtidos por termocoagulação, encontraram valores de PER de 1,95 e 1,22, respectivamente. Entretanto, TUPYNAMBA & VIEIRA (101), encontraram valores negativos de PER para o concentrado protéico de folhas de mandioca obtidos por precipitação isoelétrica e valores muito baixos quando suplementados com metionina.

A suplementação de proteínas foliares com aminoácidos livres tem sido estudada por muitos autores, entre eles HUMPHRIES (50) menciona que a suplementação de proteína foliar com 0,4% de metionina melhorou o valor de PER e a suplementação com metionina e lisina resultou em valores de PER tão altos quanto o da caseína.

Os valores obtidos neste estudo foram semelhantes aos descritos na literatura, embora neste caso tenha-se trabalhado com a mistura de proteína de folha e raiz de mandioca, e o processamento tenha sido diferente.

As variações encontradas na literatura para o valor de CEP podem ser explicadas pela influência de fatores intrínsecos, como a espécie e variedade das plantas, a idade, e fatores extrínsecos, entre os quais figuram os tratamentos tecnológicos, métodos de secagem e outros.

4.4.3. Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)

Os resultados de CEA estão demonstrados na Tabela 12. Pelos dados obtidos pode-se observar que os valores de CEA foram estatisticamente iguais ($P < 0,05$) para os grupos controles de caseína e estes significativamente superiores ($P < 0,05$) aos grupos de animais mantidos com rações de extrudados à base de mandioca.

Os dados indicam que os valores de CEA dos grupos alimentados com rações de extrudados, está em torno de 46% dos valores obtidos para os grupos controles de caseína. A suplementação com metionina nas rações desses extrudados aumentou o valor de CEA na ordem de 30%.

4.4.4. Retenção protéica líquida (RPL ou NPR)

A Tabela 12 mostra os valores obtidos para o NPR aos 14 dias de experimento.

Os resultados demonstram que o NPR dos grupos controles de caseína, foram superiores aos demais grupos estudados.

Comparando-se os resultados obtidos verifica-se que o CEP não apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os grupos controles, mas no caso do NPR a análise mostra um aumento significativo ($P < 0,05$) do grupo "pair feeding" em relação ao grupo "ad libitum", embora os valores tenham sido próximos, e,

considerando as variáveis que influenciam no processo experimental, bem como os desvios padrão dos resultados de NPR entre os dois grupos controles de caseína, os valores deste índice parecem dentro dos mesmos limites.

Verifica-se que os valores obtidos de NPR dos grupos mantidos com ração de extrudados à base de mandioca sem suplementação de metionina, correspondem a 47% e 41% dos grupos controles de caseína "ad libitum" e "pair feeding", respectivamente, e em relação aos grupos suplementados com metionina, estes valores estão na ordem de 66% e 58%, respectivamente. Comparando-se, portanto, a proporcionalidade dos valores de NPR e CEP verifica-se que os de CEP foram superiores aos do NPR.

O que se pode sugerir sobre os baixos valores destes índices biológicos, para os produtos extrudados à base de mandioca, é que podem estar relacionados às limitações determinadas pelos aminoácidos essenciais, verificadas através das análises químicas e do cômputo químico, como também aos teores de compostos fenólicos. Além desses fatores, sabe-se também que o aproveitamento de uma proteína pode estar relacionado a problemas de digestibilidade.

A desvantagem do NPR sobre o PER, é que o PER requer maior tempo de experimento, e como os animais têm diferentes requerimentos de aminoácidos nas diferentes etapas do desenvolvimento, pode no caso do NPR, subestimar ou superestimar proteínas que sejam deficientes em aminoácidos específicos.

4.4.5. Coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira ou real (CD)

Este índice biológico está diretamente relacionado ao nitrogênio absorvido pelo animal. Para determinar a digestibilidade da proteína, quantificou-se o consumo e excreção do nitrogênio, cujos resultados encontram-se na Tabela 13.

Como se pode verificar, a eliminação de N fecal foi inferior para os grupos controles de caseína, quando comparada aos demais grupos estudados. O nitrogênio fecal dos grupos de animais alimentados com extrudados à base de mandioca suplementados com metionina apresentaram uma eliminação de N fecal 2,27 vezes superior ao da caseína, enquanto àqueles não suplementados com metionina, tiveram uma eliminação de N fecal de 2,14 vezes superior ao da caseína.

Nota-se, portanto, que embora as dietas de extrudados apresentassem semelhante composição química a presença de metionina aumentou a absorção de N, entretanto, tal fato necessita de maior investigação.

O coeficiente de digestibilidade dos grupos controles de caseína, foi superior aos dos demais grupos em estudo. Observa-se também que a digestibilidade protéica do grupo controle de caseína "ad libitum" foi significativamente superior ao grupo "pair feeding" ($P < 0,05$). Esses valores, no entanto, são análogos a outros citados na literatura, isto é, ao redor de 90%, considerando-se algumas interferências no método biológico INSTITUTE OF LABORATORY ANIMAL RESOURCES (52) e PELLET & YOUNG (76).

TABELA 13 - Média e desvio padrão do nitrogênio ingerido, excretado, absorvido, coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína (CD_{ap} e CD_v) dos animais alimentados com rações de extrudado à base de folha e farinha de mandioca e caseína, durante 14 dias de experimento.

Grupos	Nitrogênio			CD _{ap} %	CD _v %
	Ingerido (g)	Excretado (g)	Absorvido (g)		
Caseína	3,05	0,24	2,82	92,34	89,72
"ad libitum"	± 0,12	± 0,03	± 0,13	± 1,28	± 1,32
Caseína	1,32	0,17	1,15	87,30	81,21
"Pair feeding"	± 0,05	± 0,08	± 0,06	± 0,90	± 1,11
Extrud. A	1,16	0,55	0,61	52,57	46,04
sem met.	± 0,05	± 0,03	± 0,06	± 2,25	± 3,64
Extrud. A	1,49	0,52	0,97	64,91	59,54
com met.	± 0,05	± 0,04	± 0,05	± 2,34	± 2,37
Extrud. B	1,49	0,57	0,92	62,05	56,67
com met.	± 0,06	± 0,05	± 0,06	± 3,24	± 3,23
Extrud. B	1,02	0,48	0,54	52,45	44,56
sem met.	± 0,11	± 0,04	± 0,13	± 7,82	± 8,60
Aprotéico		0,08			
		± 0,07			

Os grupos de animais alimentados com rações de extrudados à base de mandioca suplementadas com metionina, apresentaram o coeficiente de digestibilidade superior àqueles não suplementados com metionina.

Comparando-se os resultados de CD_{ap} e CD_v , nota-se uma diminuição para os valores de CD_v . Este fato ocorre, porque neste índice está "subtraído" o nitrogênio endógeno (obtido das fezes dos animais do grupo aprotéico). Nas fezes é eliminada uma quantidade de nitrogênio não proveniente da dieta, e sim da descamação do tubo digestivo, dos sucos, secreções e da flora intestinal, o que constitui uma perda inevitável de nitrogênio. Este nitrogênio está incluído no coeficiente de digestibilidade aparente, daí a razão para maiores valores neste índice em relação ao coeficiente de digestibilidade verdadeiro.

Luyken et alii, citados por EGGUM (29), estudando a qualidade da proteína de folha de mandioca, encontrou valores de digestibilidade verdadeira de 80% para proteínas extraídas de folhas jovens e 67% de folhas maduras. EGGUM (29) realizando estudo semelhante suplementou as proteínas de folhas de mandioca com metionina, e obteve valor igual a 72% para o mesmo índice. No mesmo trabalho, foi verificado que a digestibilidade do N total em folhas de mandioca fervidas (66%) foi inferior às amostras não fervidas (70 a 80%). Assim sendo, concluiu que a digestibilidade da proteína de folha de mandioca pode ser diminuída pelo aquecimento.

Neste experimento, os resultados do coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro dos produtos extrudados à ba-

se de mandioca e suplementados com metionina foi da ordem de 63% e 58%, respectivamente, encontrando-se abaixo dos valores supracitados. Deve-se considerar, entretanto, que a proteína de folha de mandioca utilizada como objeto de estudo, recebeu diferente tratamento daqueles citados na literatura, e neste caso foi utilizada uma mistura de folhas e raízes.

Verifica-se porém, que o coeficiente de digestibilidade (aparente e verdadeiro) encontra-se em torno de 50% sem suplementação de metionina. Este valor relativamente baixo, provavelmente relaciona-se aos teores de compostos fenólicos. Tais compostos, segundo GOLDSTEIN & SWAIN (49), ao complexar-se com as proteínas através das pontes de hidrogênio de suas hidroxilas fenólicas interferem na digestibilidade protéica.

4.4.6. Utilização protéica líquida verdadeira (UPL ou NPU)

A utilização protéica líquida é um índice que mede a porcentagem do nitrogênio ingerido que é retido no organismo.

Verificando os resultados obtidos da análise da carga dos animais na Tabela 14, observa-se que o grupo controle de caseína "ad libitum" apresentou valor superior para o teor de lipídio em relação aos demais grupos estudados. Os grupos de extrudados, porém, apresentaram teores de lipídios próximos ao do grupo controle "pair feeding".

TABELA 14 - Valores médios da análise das carcaças dos ratos dos grupos experimentais.

Grupo	Integral (g)	Seca (g)	Umidade %	Lipídio %	N %	Nitrogênio Total (g)
Caseína	125,53	50,34	60,00	13,80	3,15	3,95
"ad libitum"	± 6,59	± 3,62	± 1,13	± 1,02	± 0,12	
Caseína	89,56	28,79	67,81	6,19	3,02	2,70
"pair feeding"	± 3,48	± 0,79	± 1,60	± 1,93	± 0,35	
Extrud. A sem met.	54,83 ± 4,85	19,29 ± 2,09	64,87 ± 0,94	6,52 ± 1,44	3,32 ± 0,29	1,82
Extrud. A com met.	70,47 ± 5,25	24,88 ± 2,57	64,75 ± 1,49	7,06 ± 1,17	3,08 ± 0,50	2,17
Extrud. B com met.	68,74 ± 2,36	24,12 ± 1,45	64,69 ± 1,86	6,90 ± 1,65	3,28 ± 0,24	2,25
Extrud. B sem met.	52,29 ± 3,89	18,84 ± 1,87	65,51 ± 3,63	5,81 ± 2,30	3,26 ± 0,16	1,70
Aprotéico	31,51 ± 1,54	10,46 ± 0,09	66,82 ± 0,88	2,30 ± 0,77	3,51 ± 0,46	1,10
Zero	35,14 ± 1,25	10,81 ± 0,76	70,14 ± 1,11	2,40 ± 1,03	3,44 ± 0,14	1,20

Os valores de nitrogênio retido foram superiores para o grupo controle de caseína "ad libitum" em relação aos demais grupos. Comparando-se, entretanto, o grupo controle de caseína "pair feeding" com os grupos mantidos com rações de extrudados, nota-se que aquelas suplementadas com metionina, apresentaram valores mais próximos a esse grupo, e, os não suplementados com esse aminoácido, tiveram teor de nitrogênio total inferior.

Pelos dados obtidos na Tabela 15 verifica-se que o NPU_v dos grupos controles de caseína foram superiores aos demais grupos. A diferença encontrada entre os dois grupos controles de caseína não foi significativa ($P < 0,05$), segundo análise estatística.

Os resultados mostram que o NPU_v dos grupos de animais alimentados com rações de extrudados sem metionina foi cerca de 24% daquela do grupo controle de caseína "pair feeding", e a suplementação dessas rações com metionina elevou este índice para 54%. Portanto, a adição desse aminoácido melhorou a utilização protéica líquida das rações de extrudados à base de mandioca.

Nos cálculos de NPU_v foi incluído o nitrogênio retido do grupo zero para se obter o resultado real da utilização protéica líquida das rações estudadas.

EGGUM (29) estudando o valor nutricional da proteína de folha de mandioca, suplementada com metionina, encontrou valores de NPU entre 30% e 40%, considerando-os relativamente baixos. ROSAS-ROMERO & BARATA (86), estudando o concentrado protéico de folha de mandioca, com aplicação de plasteína, obteve um NPU de 60%. Onde concluiu que a reação de plasteína, é uma técnica que

TABELA 15 - Médias e desvio padrão do nitrogênio ingerido e retido em função da análise de carcaças, dos animais alimentados com rações de extrudado à base de mandioca, e rações controle de caseína, durante 28 dias.

Grupos	Nitrogênio (g)		NPU _v (%)
	Ingerido	Retido	
Caseína	5,51 + 0,18	4,4 + 0,37	61,0 + 0,05
"Pair feeding"	2,93 + 0,07	2,63 + 0,19	54,0 + 0,05
Ext. A s/met.	2,93 + 0,09	1,40 + 0,11	12,0 + 0,03
Ext. A c/met.	3,07 + 0,17	1,86 + 0,20	27,0 + 0,06
Ext. B c/met.	2,87 + 0,11	1,93 + 0,19	31,0 + 0,07
Ext. B s/met.	2,64 + 0,18	1,42 + 0,29	14,0 + 0,11
Zero	-	1,04 + 0,16	-

melhora a qualidade biológica do concentrado protéico de folha de mandioca.

Verifica-se, assim, que a utilização protéica líquida dos produtos extrudados encontram-se próximos aos valores obtidos por EGGUM (29), quando suplementados com metionina, isto é, 27% e 31%. Muito pouca informação é encontrada na literatura a respeito deste índice biológico, quando se trata do uso de folha de mandioca ou de outra planta.

Concluimos que o NPU dos produtos extrudados sem adição de metionina foi muito baixa, devido principalmente à limitação deste aminoácido, levando à menor retenção do nitrogênio ingerido.

Após análise dos índices biológicos estudados neste experimento, verifica-se que a proteína de folha de mandioca pode ser utilizada como fonte protéica para nutrição humana, desde que suplementada com outra proteína rica em metionina, bem como a aplicação de métodos que eliminem o alto teor de ácido cianídrico e compostos que possam prejudicar o aproveitamento protéico.

Uma boa alternativa para o uso dessas proteínas, seria sua extração, a fim de que adicionada a uma mistura alimentícia, pudesse através do processo de extrusão, melhorar a qualidade protéica final do produto.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos concluiu-se que:

1. O processo de extrusão não alterou os teores de proteína bruta, fibra total, extrato etéreo, cálcio, magnésio e fósforo, nos produtos finais à base de folha e raiz de mandioca.

2. O produto final extrudado à base de mandioca, apresentou um aumento no teor de ferro provavelmente por contaminação do equipamento, durante o processamento. Houve uma diminuição nos teores de taninos nos produtos processados.

3. O processo de extrusão detoxificou o HCN, quase completamente, dos produtos extrudados à base de folha e raiz de mandioca.

4. A disponibilidade de lisina no produto final, nas condições experimentais de extrusão usada, foi em torno de 57%. O alto índice de lisina bloqueada, deve-se à reação de Maillard ocorrida na mistura durante o processamento.

5. O produto extrudado à base de folha e raiz de mandioca, apresentou através do ensaio biológico, uma qualidade proteica inferior à caseína, em relação aos índices testados.

6. As limitações de aminoácidos essenciais e teores elevados de taninos, interferiram no aproveitamento da proteína foliar da mandioca, no produto extrudado.

7. A suplementação com metionina às rações dos produtos extrudados à base de folha e raiz de mandioca, melhorou a qualidade nutricional desses produtos.

8. Os produtos processados por extrusão, à base de folha e raiz de mandioca das variedades "Guaxupé" e "Engana-ladrão" não apresentaram diferenças significativas entre si, no seu valor nutricional.

6. RESUMO

O presente trabalho visou caracterizar, através de alguns parâmetros nutricionais, um produto à base de folha e farinha de mandioca obtido por extrusão, e também avaliar o efeito do processo sobre o ácido cianídrico.

As folhas foram secas em estufa, moídas em moinho elétrico, e misturadas a uma farinha de mandioca de origem comercial. Foram preparadas duas misturas para a extrusão, utilizando folhas de mandioca com diferentes teores de HCN.

As condições do processo de extrusão foram: teor de umidade inicial de 18%, taxa de compressão da rosca de 3:1, rotação 160 rpm, temperaturas de 100°C, 160°C e 150°C nas 1ª, 2ª e 3ª zonas, respectivamente, o diâmetro da matriz de 3,9mm e alimentação manual. Ambas misturas foram extrudadas e analisadas nas mesmas condições.

Foram efetuados testes químicos, bioquímicos e biológicos dos produtos finais. Os estudos mostraram que o processo de extrusão não alterou os valores de proteínas, extrato etéreo, fibra, cinza e, portanto, dos sais minerais (cálcio, fósforo e mag-

nésio). O processamento causou grande efeito sobre os teores de HCN eliminando-os quase completamente. Apesar da extrusão ter grande efeito sobre os teores de taninos, reduzindo-os, estes ainda se mantiveram elevados, podendo interferir no aproveitamento das proteínas foliares.

A extrusão promoveu ligeira diminuição nos valores dos aminoácidos, à exceção dos aminoácidos sulfurados totais, nos quais houve uma redução em torno de 55%. A disponibilidade de lisina ficou em torno de 57%. Este fato deve-se ao tratamento energético que sofreram as proteínas, durante o processamento.

A qualidade nutricional das proteínas de ambos extrudados foi avaliada em ratos machos, da linhagem Holtzman, pelos valores obtidos através dos índices de crescimento, PER, CEA, NPR, CD, NPU, os quais foram comparados a dois grupos controles de caseína ("ad libitum" e "pair feeding"). Os resultados da análise estatística indicaram uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os produtos extrudados e os grupos controles de caseína; os produtos extrudados foram iguais entre si ($P < 0,05$). Foi verificado, entretanto, que a suplementação com metionina livre nos produtos extrudados, melhorou significativamente os valores dos índices biológicos testados.

7. SUMMARY

NUTRITIONAL EVALUATION OF A PRODUCT EXTRUDED FROM CASSAVA LEAVES AND FLOUR

This study aimed to characterize, through some nutritional parameters, a product based on cassava leaves and flour, obtained by extrusion, and also to evaluate the effect of this process on the cyanide content.

The leaves were oven dried, ground in electric mill, and mixed with cassava flour from commercial origin. Two mixtures were thus prepared for extrusion, using cassava leaves with different amount of HCN.

The extrusion process conditions were: initial moisture level of 18%, compression ratio of the screw 3:1, rotation at 160 rpm, temperatures of 100°C, 160°C and 150°C in the 1st, 2nd, and 3rd zones, respectively, matrix diameter of 3.9 mm and manual feeding. Both mixtures were extruded and analyzed under the same conditions.

Chemical, biochemical and biological tests of the fi-

nal products were conducted. The studies showed that the extrusion process did not alter the amounts of proteins, ethereal extract, fibers, ash, and also minerals (calcium, phosphorus, magnesium). Processing had a prominent effect on HCN amount, decreasing it almost completely. Although the strong effect of extrusion on reducing tannins amounts, kept at high levels, which could interfere with the utilization of leaves proteins.

Extrusion caused a slight decrease in amounts of aminoacids except for the total sulphured aminoacids which were reduced to about 55%. Availability of lysine was kept at about 57%. This fact occurred because of the drastic treatment the proteins were subjected during processing.

The nutritional quality of proteins of both mixtures was evaluated in male rats from Holtzman bred, through values of the growth indices, PER, CEA, NPR, CD, NPU, and compared with two control groups fed with caseine ("ad libitum" and "pair feeding"). Results of statistical analyses showed a significant difference ($P < 0,05$) between extruded products and the caseine control groups. The extruded products were similar between themselves ($P < 0,05$). It was verified also that supplementation with free methionine improved significantly the biological indices tested.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUILERA, J.M. & KOSIKOWSKI, F.V. Extrusion and roll-cooting of corn-whey mistures. Journal of Food Science, Canadá, 93(1):225-7; 230, 1983.
2. ALBUQUERQUE, C.A.N. Desempenho de um extrusor nacional com base na caracterização física e físico-química de produtos extrudados de milho. Lavras, ESAL, 1985. 131p. (Tese MS).
3. ALLEN, R.D. Feedstuffs ingredient analysis table. Feed - stuffs, London, 56(30):25, 1984.
4. AMANTE, E.R. Caracterização de amidos de variedades de mandioca (Manihot esculenta Crantz) e de batata-doce (Ipomoea batatas). Viçosa, UFV, 1986. 109p. (Tese MS).
5. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved methods of the american association of cereal chemists. 7.ed., St. Paul, 1976. p.254.

6. ARKCOLL, D.B. & HOLDEN, M. Changes in chloroplast pigment during the preparation of leaf protein. The Journal of the Science Food Agriculture, London, 24:1217-27, 1978.
7. ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 14.ed. Arlington, 1984. 1141p.
8. BATTISTI, C.R. de. Determinação de toxicidade cianogênica e carboidratos em cultivares de mandioca (M. esculenta Crantz) e sacarificação do amido por extrusão. Viçosa, UFV, 1979. (Tese MS).
9. BEAUFRAND, M.J.; GUÉRIRIÈRE, J.F. de la; MONNIER, C.; POUL - LAIN, B. Influence du procédé de cuisson extrusion sur la disponibilité des protéines. Annales de la nutrition et de l'alimentation, Paris, 32:358-64, 1978.
10. BHATTACHARYA, S.; DAS, H. & BOSE, A.N. Effect of extrusion process variables on in vitro protein digestibility of fish-wheat flour blends. Food Chemistry, England, 27(4): 225-31, 1988.
11. BJORCK, I. & ASP, N.G. The effects of extrusion cooking on nutritional value. A literature Review, Journal of Food Engineering, England, 2(4):281-308, Oct./Dec. 1983.

12. BJÖRCK, I.; NOGUCHI, A.; ASP, N.G.; CHEFTEL, J.C. & DAHLQUIST, A. Protein nutritional value of a biscuit processed by extrusion cooking. Effects on available lysine. Journal Agriculture and Food Chemistry, Chicago, 31(3):488-92, May/June 1983.
13. BRESSANI, R.; BRAHAM, J.E.; ELIAS, L.G.; CUEVAS, R. & MOLINA, M.R. Protein quality of a whole corn/whole soybean mixture processed by a simple extruder cooker. Journal of Food Science, Chicago, 43(5):1563-5, Sept./Oct. 1978.
14. BRUJIN, G.H. de. Necesidad de reducir la cianogénesis de yuca. In: SEMINÁRIO DE TOXICIDAD DE LA YUCA Y TIROIDES; ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN Y SALUD, Canadá, Ed. F. Delange y R., 1984. p.121-4.
15. CARVALHO, J.L.H. de; PERIM, J. & COSTA, J.R.S. Parte aérea da mandioca na alimentação animal. In: _____. Valor nutritivo e qualidade de silagem. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1983. (Comunicado Técnico, 29).
16. CARVALHO, L.E. Nutrição e desnutrição na Amazônia; dos mitos à dura realidade. Boletim SBCTA, Campinas, 23(1/2):1-11, jan./jun. 1989.

17. CARVALHO, V.D. de. O ácido cianídrico em produtos de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):88-91, jan. 1987.
18. _____ & KATO, M.S.A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):23-8, jan. 1987.
19. CHAUHAN, F.S.; VERMA, N.S. & BAINS, G.S. Effect of extrusion processing on the nutritional quality of protein in rice-legume blends. Nutrition Abstracts and Reviews. Série A. Human and Experimental, Wallingford, 59(4):221, (Abst. 1974), Apr. 1989.
20. CHAVES, J.G. Extrato protéico das folhas de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):47-52, jan. 1987.
21. CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion cooking. Food Chemistry, England, 20(4):263-83, 1986.
22. CORREA, H. Produção e composição química de raízes e ramas de mandioca em diversas épocas de colheita e efeito da poda na produção de raízes. Viçosa, UFV, 1972. 49p. (Tese MS).

23. CORREA, H. Raspa de mandioca em nível de fazenda. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):58-60, jan. 1987.
24. COSTES, C. Protéines foliaires et alimentation dans collection. Biochimie Appliqué. France, Gouthier-Villars. Ed. 1981. 280p.
25. DIXON, J.M. Unique cooker extruder. Food Engineering International, Radnor, 8(5):41-3, May 1983.
26. DOUILLARD, R. Composés lipidiques accompagnant les protéines foliaires. In: COSTES, C. Protéines foliaires et alimentation. France, Gouthier-Villars Ed., 1981. p.69-91.
27. _____. Proprietés biochimiques et physoco-chimiques des protéines des feuilles. In: _____. Protéines Vegetales. France, B. Gordon Coord. Thecnique et Documentation Ed., 1985. p.221-40.
28. DUNNET, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. Journal American Statist Association, Washington, 50:1096-121, 1955.
29. EGGUM, B.O. The protein quality of cassava leaves. The British Journal of Nutrition, Great Britain, 24:761-8, 1970.

30. EL-DASH, A.A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: _____. Cereal a renewable research: theory and practice, Illinois, Pomeranz & Munch, L. eds., 1982. 52p.
31. _____. Termoplastic extrusion of food, theory and techniques. Campinas, UNICAMP, 1982. 81p.
32. EL-TINAY, A.H.; BURENE, P.L. & YAS, E.A.E. Hydrocyanic acid levels in fermented cassava. Journal of Food Technology, Oxford, 19(2):197-202, Apr. 1984.
33. ESPINDOLA, F.S. Fracionamento dos vegetais verdes e obtenção de concentrados protéicos de folhas (CPF) para suplementação de alimentos e ração animal com aproveitamento dos subprodutos. Uberlândia, Universidade de Uberlândia, 1987. 130p. (Monografia apresentada ao CNPq).
34. FERREIRA, M.E. Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Lavras, ESAL, 1986. 101p. (Tese MS).
35. FIGUEIREDO, A.A. & REGO, M.M. Teor protéico e mineral em raízes e folhas de variedades de mandioca. Rio de Janeiro, DNPA-CTAA, 1973. p.23-5. (Boletim Técnico 5).

36. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. El Estado Mundial de la agricultura y la alimentacion. Análisis mundial. Análisis por regiones. Desarrollo sostenible ordenación de los recursos naturales. Roma, 1989. p. 84-99. (Colección F.A.O.:Agricultura, 22).
37. _____. Nutrition Division, Food policy and food science service. Amino-acid content of foods and biological data on proteins. Roma, 1970. 285p. (FAO Nutritional Studies, 24).
38. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Energy and protein requirements; report of a joint FAO/WHO. Genova, WHO, 1973. p.62-4. (WHO Technical report series, 522; F.A.O. Nutrition Meeting Report Series, 52).
39. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estudo Nacional de Despesa Familiar; Dados preliminares. Tabelas selecionadas. Rio de Janeiro, 1978. 122p.
40. GOLDSTEIN, J.L. & SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. In: _____. Phytochemistry, England, Pergamon Press, 1963. v.2, p.371-83.

41. GÓMEZ, G.; VALDIVIESSCO, M.; ZAPATA, L.E. & PARDO, C. Technical note: cyanide elimination, chemical composition and evaluation and evaluation in breadmaking of oven-dried cassava peeled root chips or slices. The Journal of Food Technology, Oxford, 19(4):493-8, Aug. 1984.
42. GRAMACHO, D.D. Contribuição ao estudo químico e tecnológico do feno de mandioca. In: PROJETO MANDIOCA, Cruz das Almas, Escola de Agronomia de UFBA, 1973. p.143-52. (Série Pesquisa, 5).
43. HAHN, S.K. Investigaciones sobre yuca encaminadas a superar las limitaciones a su producción y utilización en África. In: SEMINÁRIO DE TOXICIDAD DE LA YUCA Y TIROIDES; ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN Y SALUD, Canadá, Ed. F. Delange y R. Ahluwalia, 1982. p.95-104.
44. HARPER, J.M. Critical review in food science. Nutrition. In: _____. Food extrusion. Colorado, CRC Press, 1979. v. 2, p.155-211.
45. _____ & JANSEN, C.R. Production of nutritious pre-cooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. Food Reviews International, Flórida, 1:27-97, 1985.
46. HAUCK, B.W. Control of process variables in extrusion cooking. Cereal Foods World, St. Paul, 26(4):170-3, Apr. 1981.

47. HORIZOME, T. & KANDATSU, M. Studies on the nutritive value of grass protein XIII. Phenolic substances of red clover leaves and effects of p-coumaric, caffeic and chlorogenic acids on the digestibility of the leaf protein. Agriculture Chemistry Society Japan Journal, Tokio, 40:246-51, 1966.
48. HUDSON, B.J.F. & HARRIS, I.G. Aspects of vegetable structural lipids. I. The lipids of leaf protein concentrate. The Journal of the Science Food Agriculture, London, 24(12): 1541-50, 1973.
49. HUGLI, T.E. & MOORE, S. Determination of the tryptophan content of protein by ion-exchange chromatography of alkaline hydrolysates. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 247:2828-34, 1972.
50. HUMPHRIES, C. Towards leaf protein as a human food. In: _____. Food Protein, London, Ed. Hudson, 1982. v.1., p. 263-8.
51. IKEDIOSI, C.O.; ONYA, G.O.C. & ELUWAN, C.E. A rapid and inexpensive enzymatic assay for total cyanide in cassava (Manihot esculenta Crantz) and cassava products. Agriculture Biological Chemistry, Tokyo, 44(12):2803-9, 1980.

52. INSTITUTE OF LABORATORY ANIMAL RESOURCES. COMMITTEE ON LABORATORY ANIMAL DIETS. Control of diets in laboratory animal experimentation. Nutrition Abstract Review B, Slough, 49 (11):413-9, 1979.
53. JANSSEN, G.R.; HARPER, J.M. & O'DEEN, L. Nutritional evaluation of blended foods made with a low-cost extruder cooker. Journal of Food Science, Chicago, 43(3):912-5, 925, May/June 1978.
54. JESUS, V.S. de. Teor de carboidratos, proteínas e ácido cianídrico de dez variedades de mandioca, Manihot esculenta Crantz, durante o primeiro ciclo. Viçosa, UFV, 1985. 64p. (Tese MS).
55. _____; MORAES, C.F. de; TELES, F.F.F. & SEDIYAMA, C.S. Teor de ácido cianídrico nas folhas e raízes de mandioca, Manihot esculenta Crantz, durante o primeiro ciclo. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 5(2):83-90, dez. 1986.
56. _____; MORAES, G.H. de; TELES, F.F.F.; SEDIYAMA, C.S. & MORAES, G.H.K. de. Teor de proteínas nas folhas de dez variedades de mandioca durante o primeiro ciclo de crescimento, Revista Ceres, Viçosa, 34(194):366-77, 1987.

57. KAKADE, M.L. & LIENER, I.E. Determination of available lysine in proteins. Analytical Biochemistry, New York, 27:273-80, 1969.
58. KOHLER, G.O.; WILDMAN, S.G.; JORGENSEN, N.A.; ENOCHIAN, R.V. & BRAY, W.S. Leaf protein in relation to forage crop, production and utilization. In: MILNER, M.; SAIMSHAN, N.S. & WANG, D.I.C. Protein resources and technology: status and research needs, Connecticut, AVI, 1978. cap.26, p.543-68.
59. LANCASTER, P.A. & BROOKS, J.E. Cassava leaves as human food. Economic Botanic, England, 37(3):331, 1983.
60. LIENER, I. Significance for human of biologically active factors in soybeans and other food legumes. Journal of the American Oil Chemistry Society, Illinois, 56:121-9, 1979.
61. LIMA, U.A. de. Industrialização da mandioca. In: CAMARA, G. M.S. de. Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, ESALQ/USP, 1982. pt.B., p.45-80. (Série extensão Rural, 5).
62. MCAULEY, J.A.; HOOVER, J.L.B.; KUNKEL, M.E. & ACTON, J.C. Relative protein efficiency rations for wheat-based breakfast cereals. Journal of Food Science, Chicago, 52(4): 1111-2, July/Aug. 1987.

63. MCAULEY, J.A.; KUNKEL, M.E. & ACTON, J.C. Available lysine in wheat-based breakfast cereals. In: ANNUAL MEETING OF INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 6, Atlanta, 1985. 102p.
64. _____; _____ & _____. Relationships of available lysine to lignin, color and protein digestibility of selected wheat-based breakfast cereals. Journal of Food Science, Chicago, 52(6):1580-2; 1610, Nov./Dec. 1989.
65. MENDES, M.A.; CAMPOS, O.F. & SILVA, J.F.C. Determinação do valor nutritivo da mandioca (Manihot esculenta Crantz, var. Salangorzinha). Planta integral. Seiva, Viçosa, 38(86): 1-10, abr./jun. 1978.
66. MENDOZA, M.C. & BRESSANI, R. Nutritional and functional characteristics of extrusion-cooked amaranth flour. Cereal Chemistry, St. Paul, 64(4):218-222, July/Aug. 1987.
67. MOLINA, M.R.; BRAHAN, J.E. & BRESSANI, R. Some characteristics of whole corn: whole soybean (70:30) and rice:whole soybean (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. Journal of Food Science, Chicago, 48(2):434-7, 1983.

68. MOLINA, R.C. Caracterização bioquímica e nutricional de concentrado protéico de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) obtido por ultrafiltração. Campinas, UNICAMP, 1989. 199p. (Tese Doutorado).
69. MONTIES, B. Les antinutritionnels. In: COSTES, C. Protéines foliaires et alimentation. France, Gouthier-Villars, 1981. p.93-120.
70. MOORE, S. & STEIN, W.H. Chromatography of aminoacids on sulfonated polystyrene resins. The Journal Biological Chemistry, Baltimore, 192(2):663-81, Oct. 1951.
71. NAMBISAN, B. & SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava. Journal of Food Agriculture, England, 36(11):1197-203, Nov. 1985.
72. _____ & _____. Spectrophotometric determination of cyanoglucosides in cassava. Journal Association Official Analysis Chemist, Washington, 67(3):641-3, 1984.
73. NOGUCHI, A.; MOSSO, K.; AYMARD, C.; JEUNINK, J. & CHEFTEL, J. C. Maillard reactions during extrusion cooking of protein enriched biscuits. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, Switzerland, 15(2):105-10, 1982.

74. OKOLIE, N.P. & UGOCHUKWU, E.N. Cyanide contents of source of some Nigerian legumes and the effects of simple processing. Food Chemistry, England, 32(3):209-16, 1989.
75. OLIVEIRA, J.P. de. Valor nutritivo do feno e da silagem da parte aérea da mandioca (Manihot esculenta Crantz) cv. JAC 12-829. Lavras, ESAL, 1984. 58p. (Tese MS).
76. PELLET, P.L. & YOUNG, U.R. Nutritional evaluation of protein foods. Tokyo, United Nations University, 1980. 175p.
77. PERI, C.; BARBIERI, R. & CASIRAGHI, E.M. Physical, chemical and nutritional quality of extruded corn germ flour and milk protein blends. Journal of Food Technology, Oxford, 18(1):43-52, Jan. 1983.
78. PHILLIPS, T.P. El consumo y la producción de la yuca: un resumen. In: SEMINÁRIO SOBRE TOXICIDAD DE LA YUCA Y TIROIDES: ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN Y SALUD, Canadá, Ed. F. Delange y R. Ahluwalia, 1984. p.85-90.
79. PIKIE, R.L. & BROWN, M.L. Determination of nutrient needs: energy, protein, minerals. In: _____. Nutrition: an integrated Approach. New York, John Wiley & Sons, 1975. cap. 23, p.814-73.

80. PIMENTEL, G.F. Curso de estatística experimental. 10.ed. São Paulo, Nobel, 1982. 427p.
81. PINKOSKI, P.J. Contribuição ao estudo do processamento de farinhas integrais de soja pelos processos "Promo" e de "Extrusão". Informativo Anual da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Campinas, 7:35-8, 1979.
82. PIRIE, N.W. Leaf protein. In: BENDER, A.E.; LOFQUIST, B.; KIHLEBERG & MUNCK, L. Evaluation of novel protein products, Proceedings of the International Biological Programme (IBP). Oxford, Pergamon Press, 1970. p.87-91.
83. _____. Leaf protein: its agronomy preparation, quality and use, London International Biological Programme, Cambridge, Cambridge University Press, 1971. 191p.
84. _____. Leaf protein and other aspects of fodder fractionation. Cambridge, Cambridge University Press, 1978. p. 183.
85. REIS, A.J. dos. Aspectos econômicos da mandioca. Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):3-8, jan. 1987.

86. ROSAS-ROMERO, A. & BARATTA, C. Composition, functional properties, and biological evaluation of a plastein from cassava leaf protein. Plant Foods for Human Nutrition, Netherlands, 37(1):85-96, Jan. 1987.
87. RUIZ, C.V. Estudio nutricional a pastas alimenticias suplementadas con concentrado proteico de hojas de yuca (Manihot esculenta Crantz). Revista de Tecnologia de Alimentos, México, 20(2):10-4, 1985.
88. SANTANA, A.M. A toxicidade da mandioca. Cruz das Almas, UFBA, 1985. 70p. (Tese MS).
89. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 1974. 56p.
90. SAUVANT, D. Protéines foliaires en alimentation animale. In: COSTES, C. Protéines foliaires et alimentation. France, Gauthier-Villars Ed. 1981. p.211-27.
91. SMITH, O.S. Why extrusion cooking. Cereal Foods World, St. Paul, 21(1):4-8, Jan. 1976.
92. SPACKMAN, D.H.; STEIN, W.H. & MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the cromatography of aminoacids. Analytical Chemistry, Washington, 30(7):190-206, July 1958.

93. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics; with special reference to the biological sciences. New York, McGraw-Hill Book, 1960. 481p.
94. STRANO, H.C.G. von. Obtenção e caracterização de concentrado protéico de aguapé (*Eichhornia crassipes*). Piracicaba, ESALQ. 1987. 128p. (Tese MS).
95. SWAIN, T. & HILLIS, W.G. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The Journal of the Science Food Agriculture, London, 10(1):63-8, 1958.
96. TAGLE, M.A. Proteína: qualidade química e biológica. In: _____. Nutrição. São Paulo, Artes Médicas, 1981. cap. 4, p.49-65.
97. TELES, F.F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):18-22, jan. 1987.
98. TIESENHAUSEN, I.M.E.V. von. O feno e a silagem da rama de mandioca na alimentação de ruminantes. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):23-8, jan. 1987.
99. TORRES, M.M. Obtección de un concentrado proteico de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista de Tecnologia de Alimentos, México, 15(2):4-15, 1980.

100. TSAO, T.F.; FREY, A. & HARPER, J.M. Available lysine in heated fortified rice meal. Journal of Food Science, Chicago, 43(4):1106-8, July/Aug. 1978.
101. TUPYNAMBA, M.L.C.V. Isolation of cassava leaf protein and determination of its nutritive value. Nutrition Report International, Boston, 16(6):821-3, 1979.
102. UKHUN, M.E. & NKWOCHA, F.O. The hydrocyanide acid (HCN) content of garri flour made from cassava (Manihot spp.) and the influence of length of fermentation and location of source. Food Chemistry, England, 33(2):107-13, 1989.
103. VAN DE KAMER, J.H. & VAN DE GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals, Minnesota. Cereal Chemistry, 29(4):239-51, 1952.
104. VILELA, E.R. Produção, caracterização e extrusão de farinha de quandu. Campinas, UNICAMP, 1983. 149p. (Tese MS).
105. _____ & FERREIRA, M.E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):69-74, jan. 1987.

APÉNDICE

ANEXO 1 - Análise comparativa entre as médias dos tratamentos de rações de extrudados à base de folha e farinha de mandioca, em relação aos tratamentos controles de rações de caseína.

Tratamentos	Ganho de peso	Consumo de ração	Consumo de proteína	CEP	CEA	CDap	CDv	NPR	NPUv
Caseína "ad libitum"	113,44 ¹	360,73 ^a	34,42 ^a	1,30 ^a	0,31 ^a	92,34 ^a	89,72 ^a	4,21 ^a	0,61 ^a
Caseína "pair feeding"	61,53 ^A	191,92 ^A	18,31 ^A	3,36 ^A	0,32 ^A	87,30 ^A	81,21 ^A	4,79 ^A	0,54 ^B
Extrudado A sem met.	28,92 ^{Rb}	195,79 ^{Ab}	18,27 ^{Ab}	1,58 ^{Rb}	0,15 ^{Rb}	52,57 ^{Rb}	46,04 ^{Rb}	1,92 ^{Rb}	0,12 ^{Bb}
Extrudado A com met.	48,39 ^{Rb}	200,17 ^{Ab}	19,17 ^{Ab}	2,53 ^{Rb}	0,25 ^{Rb}	64,91 ^{Rb}	59,54 ^{Rb}	2,95 ^{Rb}	0,27 ^{Bb}
Extrudado B com met.	45,42 ^{Rb}	189,35 ^{Ab}	17,93 ^{Ab}	2,54 ^{Rb}	0,24 ^{Rb}	62,05 ^{Rb}	56,67 ^{Rb}	2,63 ^{Rb}	0,31 ^{Bb}
Extrudado B sem met.	25,09 ^{Rb}	178,24 ^{Ab}	16,50 ^{A^ab}	1,52 ^{Rb}	0,14 ^{Rb}	52,45 ^{Rb}	44,56 ^{Rb}	2,04 ^{Rb}	0,14 ^{Bb}
CV%	9,34	4,25	4,24	9,17	8,65	5,47	6,69	9,13	20,59
Dunnet 0,01	10,67	19,79	1,87	0,48	0,04	7,98	8,94	0,60	0,14
Dunnet 0,05	8,12	15,06	1,42	0,37	0,03	6,07	6,80	0,46	0,11

1 As médias da mesma coluna, seguidas de letra(s) minúscula(s) diferente(s), diferem entre si (P < 0,05), pelo Teste de Dunnet, em relação ao controle de caseína "ad libitum".

2 As médias da mesma coluna, seguidas de letra(s) maiúscula(s) diferente(s), diferem entre si (P < 0,05), pelo Teste de Dunnet, em relação ao controle de caseína "pair feeding".

A^a (P < 0,01)

ANEXO 2 - Resumo das análises estatísticas dos valores médios dos Índices Biológicos, com testados com animais alimentados com rações de produtos extrudados, à base de folha e farinha de mandioca.

Fontes de variação	Índices biológicos									
	GP ¹	CR ²	CP ³	CEP	CEA	CDap	CDV	NPR	NPUV	
Metionina	Presente	46,91 ^a	194,76 ^a	18,55 ^a	2,54 ^a	0,24 ^a	63,48 ^a	58,10 ^a	2,79 ^a	0,29 ^a
	Ausente	27,00 ^b	187,02 ^a	17,39 ^b	1,55 ^b	0,14 ^b	52,51 ^b	45,30 ^b	1,98 ^b	0,13 ^b
Extrudado com e sem metionina	A	38,66 ^a	197,98 ^a	18,73 ^a	2,06 ^a	0,20 ^a	58,74 ^a	52,79 ^a	2,43 ^a	0,20 ^a
	B	35,26 ^a	183,80 ^b	17,21 ^b	2,03 ^a	0,19 ^a	57,25 ^a	60,61 ^a	2,33 ^a	0,23 ^a
Controles de caseína	"ad libitum"	113,44 ^a	360,73 ^a	34,42 ^a	3,30 ^a	0,31 ^a	92,34 ^a	89,72 ^a	4,21 ^b	0,61 ^a
	"pair feeding"	61,53 ^b	191,92 ^b	18,31 ^b	3,36 ^a	0,32 ^a	87,30 ^b	81,21 ^b	4,79 ^a	0,54 ^a

As médias de cada fonte de variação, seguidas de letra(s) minúscula(s) diferente(s), diferem entre si (P < 0,05) pelo Teste de F.

1 Ganho de peso

2 Consumo de ração

3 Consumo de proteína

ANEXO 3 - Análise de variância dos valores médios do peso inicial dos ratos, alimentados com rações de extrudados à base de mandioca e controle de caseína.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1,61	0,32	0,04 ^{n.s.}
Erro	30			

n.s. - não significativo.

(P < 0,05)

ANEXO 4 - Resumo das análises dos quadrados médios, dos Índices Biológicos testados com animais, alimentados com rações de extrudados à base de folhas e farinha de mandioca e controles de caseína.

		CM - Índices biológicos									
Fonte de variação	GL	Gp ¹	CR ²	CR ³	CEP	CEA	NPR	CDaP	CDv	NPUv	
Extrudado (E)	1	69,3260	1207,4271**	13,7411**	0,0054	0,000015	0,0541	13,2759	28,5144	0,0063	
Presença de Metionina (M)	1	2376,6572**	68,1751	8,0272**	5,8213**	0,060000**	3,952817**	722,1550**	983,5521**	0,1429**	
EXM	1	1,1137	360,1424	0,4374	0,0074	0,000017	0,2904	11,3025	2,8981	0,0012	
Fatorial x Cont.1	204265,8984**	58395,8789**	562,9131**	13,2784**	0,125000**	35,9269**	7935,2500**	9118,7812**	1,0638**		
Entre controles 1	8084,9692**	85495,6875**	778,2754**	0,0133	0,000134	1,0034*	97,6406*	217,0156*	0,1401		
Erro	30	25,2740	86,9259	0,7763	0,0513	0,000413	0,0795	14,8351	17,7233		

*(P < 0.05); ***(P < 0.01)

1 Ganho de peso

2 Consumo de ração

3 Consumo de proteína

ANEXO 5 - Teor de aminoácidos essenciais (mg aa/g total de N) da proteína padrão de caseína, proteína provisional da FAO/WHO e proteína requerida para o crescimento do rato.

Aminoácidos essenciais	Caseína	FAO/WHO	Proteína requerida p/cresc. do rato
Isoleucina	345,00	250,00	286,00
Leucina	607,00	437,50	390,00
Lisina	518,00	343,75	470,00
Metionina	178,00 93,75		
Sulf. totais	295,00	218,75	315,00
Fenilalanina	334,00		
Tirosina	371,00		
Aromat. totais	705,00	375,00	418,00
Treonina	297,00	250,00	263,00
Triptofano	103,00	62,00	80,00
Valina	430,00	312,50	315,00
Total	3300,00	2250,00	2537,00

* O valor 93,75 corresponde a suplementação nas rações.