

**Estudo nutricional, com ênfase em proteínas
antinutricionais e tóxicas, de amêndoas da bocaiúva,
espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd., do Estado de Mato
Grosso do Sul.**

PRISCILA AIKO HIANE

**CAMPO GRANDE-MS
2006**

PROGRAMA MULTIINSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DA SAÚDE

CONVÊNIO REDE CENTRO-OESTE DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)/UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS (UFG)/UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
(UFMS)

**Estudo Nutricional, Com Ênfase Em Proteínas
Antinutricionais E Tóxicas, De Amêndoas Da Bocaiúva,
Espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd., Do Estado De Mato
Grosso Do Sul.**

Priscila Aiko Hiane

Farmacêutica-Bioquímica (UEMT)
Mestre em Ciência de Alimentos (USP-SP)

Prof^a Dr^a Maria Lígia Rodrigues Macedo
Orientadora

Tese apresentada ao Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde, Convênio Rede Centro Oeste UnB/UFG/UFMS, para obtenção do título de
Doutor em Ciências da Saúde

**CAMPO GRANDE-MS
2006**

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Maria Lígia Rodrigues Macedo (DCN/UFMS)

Profª Drª Maria das Graças Machado Freire (ISECENSA/RJ)

Profª Drª Neli Kika Honda (DQI/UFMS)

Profª Drª Rosenei Louzada Brum (DQI/UFMS)

Prof. Dr. Néstor Antônio Herédia Zárate (NCA/UFGD)

Profª Drª Iandara Schertter Silva (UNIDERP)

Aos meus pais (*in memoriam*)

Pelo apoio, orientação e carinho com que,
incondicionalmente, conduziram a minha vida.

Ao marido Valdir Shigueiro Siroma

Pelo carinho e incentivo sempre recebidos e pela
alegria de ter compartilhado momentos e etapas
importantes para a realização deste trabalho.

À toda a minha família

Pela compreensão, amor e respeito recebidos
ao longo de toda a minha carreira.

Dedico este trabalho

Agradecimentos

A Deus, por tudo e acima de tudo.

À Prof^a Dr^a Maria Lígia Rodrigues Macedo, pela orientação dedicada e segura no decorrer de todo o Curso e, especialmente pela amizade, confiança e incentivo, imprescindíveis à realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Dutra Aydos, pela iniciativa e empenho no Curso de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, através do Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Rede Centro-Oeste UnB/UFG/UFMS, como Coordenador do referido Curso na UFMS.

Aos Professores Maria Isabel Lima Ramos e Manoel Mendes Ramos Filho, amigos e colegas do Departamento de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública (DTA)/UFMS que, inegavelmente, participaram dos meus muitos bons momentos de vida profissional e pessoal.

À Professora Noêmia Azato (UFMS), amiga e incentivadora de todas as horas.

Aos Técnicos de laboratório do DTA/UFMS, Darli Castro Costa e Osmar Ferreira de Andrade, e à Técnica administrativa Neide Aparecida Pereira Vieira, pela amizade de longa data e pela colaboração e apoio constantes no desenvolvimento experimental da tese.

Aos Professores, Técnicos de laboratório e administrativos do DTA/UFMS, pela colaboração e convivência amiga.

À Prof^a Rosa Maria Fernandes de Barros, Pró-Reitora de Extensão e Assuntos Estudantis/UFMS, pelo grande incentivo à realização deste trabalho.

Ao Professor José Antônio Braga Neto, do Departamento de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública/UFMS, e ao químico Gustavo Eugênio Gerhard Barrocas, do Laboratório de Nutrição Animal da EMBRAPA/Campo Grande-MS, pelas sugestões e colaboração na parte experimental do trabalho.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pelo incentivo e apoio financeiro.

A todos que me incentivaram e que direta ou indiretamente participaram e colaboraram na execução do trabalho.

Índice

Resumo Geral.....	1
Introdução Geral.....	4
Referências Bibliográficas.....	10

CAPÍTULO 1- Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition

Summary.....	17
1. Introduction.....	18
2. Methodology.....	19
2.1. Material.....	19
2.2. Methods.....	19
2.2.1. Oil content.....	19
2.2.2. Physico-chemical characteristics.....	20
2.2.3. Fatty acid composition.....	20
3. Results and discussion.....	21
3.1. Oil content and physico-chemical characteristics.....	21
3.2. Fatty acid composition.....	21
4. Conclusion.....	23
Resumo.....	24
References.....	25

CAPÍTULO 2- Avaliação nutricional das proteínas de amêndoas de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., em ratos wistar em crescimento

Resumo.....	30
1. Introdução.....	31
2. Material e métodos.....	32
2.1. Matéria prima.....	32
2.2. Composição centesimal.....	32
2.3. Composição em aminoácidos.....	33
2.4. Avaliação nutricional.....	33
2.5. Análises estatísticas.....	35
3. Resultados e discussão.....	36

4. Conclusão.....	41
Abstract.....	42
Referências.....	43
CAPÍTULO 3- Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd.	
Summary.....	48
Resumo.....	49
1. Introduction.....	50
2. Material and methods.....	52
2.1. Material.....	52
2.2. Methods.....	52
2.2.1. Proximate analysis of kernels.....	52
2.2.2. Fractionation of meal proteins.....	53
2.2.3. Molecular mass estimation.....	53
2.2.4. Amino acid composition.....	53
2.2.5. Inhibitory activity assay.....	54
2.2.6. Hemagglutination assay.....	54
2.2.7. <i>In vitro</i> protein digestibility.....	55
2.2.8. Mineral analysis.....	55
2.2.9. Statistical analysis.....	56
3. Results.....	56
3.1. Proximate analysis.....	56
3.2. Fractionation of kernel proteins.....	57
3.3. Molecular mass estimation.....	57
3.4. Amino acid composition.....	58
3.5. Protease inhibitory assay and hemagglutinating activities.....	59
3.6. <i>In vitro</i> protein digestibility.....	59
3.7. Mineral contents.....	61
4. Discussion.....	61
5. Conclusions.....	64
6. References.....	64
7. Acknowledgements.....	68

ANEXOS	69
Anexo 1- Certificado de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais, referente ao Capítulo 2.....	70
Anexo 2- Declaração de publicação do trabalho referente ao Capítulo 1.....	71
Anexo3- Declaração de trabalho aceito para publicação referente ao Capítulo 2.....	72
Anexo 4- Declaração de trabalho aceito para publicação referente ao Capítulo 3.....	73
Anexo 5-	74
Figura 1- Palmeiras da bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd.....	75
Figura 2- Frutos da bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd.....	75
Figura 3- (a) Fruto e amêndoas da bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. (b) sementes e amêndoas da bocaiúva.....	76
Anexo 6-	77
Figura 4- Ensaio biológico protéico de amêndoas da bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd em gaiolas metabólicas do Biotério Central/UFMS, referente ao Capítulo 2.....	78
Figura 5- Rações aprotéica, de caseína e de farinha de amêndoas da bocaiúva, <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd., referentes ao Capítulo 2.....	78
Anexo 7-	79
Figura 6- Aparelho extrator de Soxhlet, referente aos Capítulos 1, 2 e 3.....	80
Figura 7- Aparelho destilador de nitrogênio, referente aos Capítulos 1, 2 e 3.....	80

Resumo Geral

Levando-se em conta que dados sobre a composição de alimentos são importantes na realização de balanços para avaliar o suprimento e o consumo alimentar de uma população, para verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos, para medir o estado nutricional ou nível de risco, para desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença e para avaliar a qualidade de matérias-primas disponíveis para aproveitamento e/ou processamento, estudos que caracterizem nutrientes essenciais, como lipídios e proteínas, tornam-se relevantes na área da Nutrição e Saúde Pública.

O cerrado possui numerosas espécies frutíferas, algumas com potencialidades no mercado de polpa e nozes, destacando-se o piqui, o baru e a bocaiúva. Estudos têm sido realizados no sentido de fornecer subsídios que incentivem tanto sua exploração comercial quanto uma maior utilização pela população local como fonte complementar de nutrientes essenciais; tem-se verificado, no entanto, a necessidade de um maior conhecimento sobre a presença de antinutrientes naturais que comprometem a digestibilidade e biodisponibilidade de elementos nutritivos encontrados em produtos que enriquecem uma dieta regional.

A bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. é uma espécie comum, economicamente importante, de palmeiras encontradas no Estado de Mato Grosso do Sul. Neste trabalho, foram analisadas as características físico-químicas e nutricionais do fruto bocaiúva dessa espécie.

Óleo da polpa *in natura* e farinha obtida da polpa do fruto apresentaram alto teor de ácidos graxos insaturados, com uma predominância de ácido oléico, o qual correspondeu a valores de 65,9 e 62,2% do total de ácidos graxos, respectivamente na polpa e na farinha. O óleo da amêndoa da bocaiúva apresentou principalmente ácido oléico (40,2%), ácido láurico (13%) e ácido palmítico (12,6%). Durante o processamento da polpa para produzir farinha, a rancidez do óleo aumentou como resultado de oxidação. O perfil de ácidos graxos das amostras analisadas está de acordo com o verificado em frutos de palmeira. A relação entre ácido graxo linoléico (ácido graxo da família ω -6) e ácido linolênico (ácido graxo da família ω -3) é menor que 4,0 que é o valor máximo recomendado na dieta.

Na avaliação nutricional da proteína da amêndoa de bocaiúva, determinou-se

o Balanço Nitrogenado (BN), Razão de Eficiência Protéica (PER), Digestibilidade Verdadeira (DV) e Valor Biológico (VB), e a composição em aminoácidos. Foi realizado ensaio, utilizando-se 24 ratos machos Wistar, alimentados com dietas aprotéica, controle (caseína) e teste (farinha de amêndoa da bocaiúva), preparadas de acordo com o protocolo preconizado pelo American Institute of Nutrition. Dietas controle e teste foram preparadas de maneira a serem isoprotéicas. O experimento teve duração de 29 dias, verificando-se a quantidade de ração ingerida e ganho de peso corporal dos animais, e determinando-se o nitrogênio urinário e metabólico. Farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva apresentou alto teor de proteína (38,0%) e de fibra (45,3%). Ratos tratados com dieta teste apresentaram significativamente ($p < 0,05$), menor balanço nitrogenado (2,0), menor ganho de peso (42,8g) e menor capacidade de promover digestibilidade de proteínas (83,5%) do que os tratados com dieta caseína que mostrou valores, respectivamente, de 3,3; 55,5g e 95,5%. Pelo perfil de aminoácidos, observou-se que na amostra, a treonina é o aminoácido essencial mais limitante (escore químico de 41,8%), relativamente ao padrão da FAO/WHO; e foram encontrados teores elevados de valina, isoleucina, fenilalanina+tirosina, metionina+cisteína e lisina. A proteína da amêndoa da bocaiúva, embora com alto valor biológico (81,1%), apresentou qualidade nutricional mais baixa quanto aos outros índices avaliados, ao comparar com caseína padrão. Conclui-se que é possível utilizar amêndoas da bocaiúva para suplementar dietas, especialmente se der formas adequadas de preparo que melhorem sua digestibilidade.

E a caracterização química de proteínas e análises da composição centesimal e teores de minerais foram realizadas nas amêndoas da bocaiúva dessa espécie nativa do Estado de Mato Grosso do Sul. As amêndoas apresentaram alto teor de lipídio (51,7%), proteína (17,6%) e fibra (15,8%). Proteínas solúveis das sementes foram fracionadas de acordo com a sua solubilidade. As principais proteínas separadas foram as globulinas (53,5%) e glutelinas (40,0%), e a presença de proteases de baixo peso molecular nessas duas frações foi revelada por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). Ensaio da atividade inibitória de proteases e da hemaglutinação mostraram que as frações protéicas da bocaiúva não foram resistentes à ação da tripsina e quimotripsina e apresentaram baixo teor de lectina. A digestibilidade *in vitro* da globulina foi semelhante à da caseína padrão. Hidrólises enzimáticas da globulina e glutelina não aumentaram significativamente ($p < 0,05$),

com o aquecimento. Treonina e lisina são os aminoácidos mais limitantes, respectivamente das duas principais frações de proteínas da amêndoa da bocaiúva, a globulina (escore de aminoácido de 47,1%) e glutelina (escore de aminoácido de 49,5%), relativamente ao padrão teórico para crianças de 2 a 5 anos de idade, recomendado pela FAO/WHO. Amêndoas de bocaiúva mostraram ser ricas em cálcio, fósforo e manganês, em comparação com algumas amêndoas de frutos como caju e côco.

INTRODUÇÃO GERAL

Na linha de caracterização, aproveitamento e desenvolvimento sustentável de matérias-primas regionais, visando prevenção de carências nutricionais e medidas de manutenção de saúde, é importante considerar a obtenção de dados quanto às fontes alimentícias com viabilidade econômica. Têm-se sugerido estudos com isolados protéicos e com frações lipídicas de origem vegetal que indiquem um conhecimento mais amplo das suas potencialidades como ingrediente alimentício (SILVA, BORA e QUEIROGA NETO, 1997; SOSHIMA et al. 2002; TAKEMOTO et al. 2001; MATUDA e MARIA NETTO, 2005).

Sob o ponto de vista tecnológico e de nutrição, a qualidade de um alimento *in natura* ou processada, de origem animal ou vegetal, é definida pela sua composição, suas propriedades nutricionais e suas propriedades funcionais. A composição é caracterizada pelas quantidades ou proporções de seus vários componentes; as propriedades nutricionais pela sua riqueza em nutrientes essenciais, pela biodisponibilidade de tais nutrientes e pela ausência de substâncias tóxicas; e as funcionais pelas características de um alimento que influenciam a sua aplicação tecnológica (SGARBIERI, 1996).

O cerrado possui numerosas espécies frutíferas, algumas com potencialidades no mercado de polpa e nozes, destacando-se o piqui, o baru e a bocaiúva (ALMEIDA, 1998; RAMOS et al. 2001; SOUZA et al. 2001; BOLETI e MACEDO, 1999 e 2000; GARCIA et al. 2004). Estudos têm sido realizados no sentido de fornecer subsídios que incentivem tanto a sua exploração comercial quanto uma maior utilização pela população local como fonte complementar de nutrientes essenciais (HAGE et al. 2002; HIANE et al. 1992; LIMA et al. 2002; MARTINS et al. 1998; RAMOS et al. 2001; CALDEIRA et al. 2004); tem-se verificado, no entanto, a necessidade de um maior conhecimento sobre a presença de antinutrientes naturais que comprometem a digestibilidade e biodisponibilidade de elementos nutritivos encontrados em produtos que enriquecem uma dieta regional.

As proteínas são componentes indispensáveis a todas as células vivas, sendo encontradas na maioria dos fluidos extracelulares de tecidos animais. A base da estrutura da proteína é o aminoácido. Os vegetais sintetizam a sua própria proteína a partir de substâncias retiradas do solo. Os animais também sintetizam alguns

aminoácidos conforme a necessidade, porém os essenciais devem ser fornecidos pelo alimento ingerido (BURTON, 1979).

Nos alimentos, as proteínas podem ser classificadas conforme a qualidade, que depende da proporção e perfil de aminoácidos, da biodisponibilidade e da suscetibilidade à hidrólise durante a digestão. Da qualidade da proteína resulta o seu valor nutricional (MATTIETTO et al. 2002; OLIVEIRA et al. 1999; SGARBIERI, 1996; MCANUFF et al. 2005). Dentre as diversas fontes protéicas de origem vegetal, os grãos oferecem proteína de alto valor biológico, com deficiência, no entanto, em alguns aminoácidos essenciais (SGARBIERI, 1996; SILVA JÚNIOR e DEMONTE, 1997).

A fração protéica total das sementes é uma mistura complexa de globulinas (40-60%), albuminas (8-20%), prolaminas e glutelinas, sendo as duas primeiras, os principais componentes (DERBYSHIRE, WRIGHT e BOUTER, 1976; MARCONE, 1999; NEVES, 1991; SATHE e SALUNKHE, 1982); no entanto, essa proporção difere entre espécies, variedades e/ou cultivares de vegetais diversos (DERBYSHIRE, WRIGHT e BOUTER, 1976; NEVES, 1991; SGARBIERI, 1980). Características dessas proteínas apresentam-se distintas, sendo que, estudos e avaliações em várias espécies têm revelado presença de frações com propriedades físico-químicas e nutricionais diferentes (AYKROID e DOUGHTY, 1960; DESHPANDE e NIELSEN, 1987; SATHE e SALUNKHE, 1982). A literatura tem mostrado a necessidade de caracterização e avaliação de proteínas de sementes de plantas como aspecto fundamental para os estudos básicos e aplicados.

As proteínas de sementes são subdivididas em duas categorias, denominadas Proteínas de Reserva que representam a principal forma de concentração de proteínas e Proteínas "Housekeeping" que são essenciais para a manutenção normal do metabolismo celular. Proteínas de reserva, durante a germinação são rapidamente hidrolisadas, fornecendo nitrogênio na forma de aminoácidos precursores de proteínas estruturais e metabólicas e outros constituintes celulares utilizados nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas (HIGGINS, 1984; KERMODE, 1994; MUNTHZ, 1996).

Proteínas de reservas são consideradas aquelas que constituem 5% ou mais do total das proteínas presentes em sementes, órgãos de reserva ou outras partes das plantas, como são as lectinas, ureases e inibidores de enzimas proteolíticas

(BRIAN, 1981; DERBYSHIRE, WRIGHT e BOUTER, 1976; NIELSEN e LIENER, 1984).

Proteínas de reserva de diversos grupos de plantas possuem mecanismo de síntese e deposição bastante semelhantes, sendo que gêneros evolucionariamente distintos possuem essas proteínas com homologia de sequência acentuada (FENNEMA, 1985).

Caracterização, avaliação e aspectos químicos, físico-químicos e nutricionais, através de estudos eletroforéticos, cromatográficos e experimentos com animais de laboratório das frações protéicas de plantas têm revelado a presença e influência/efeitos de diferentes componentes com número, propriedades, peso molecular e concentração, numa dependência interespecie (AULER, 2002; DERBYSHIRE, WRIGHT e BOUTER, 1976; MARCONE, 1999; NEVES, 1991; PEREIRA et al., 2002; TANNENBAUM, BARTH e ROUX, 1969; TAVANO, NEVES e SILVA JÚNIOR, 2002).

Em alimentos protéicos, o valor nutritivo de uma proteína depende da sua composição, digestibilidade, biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais e ausência de toxicidade e/ou propriedades antinutricionais. Assim, a avaliação de frações protéicas em produtos alimentícios está diretamente relacionada com a aceitação e utilização desses produtos, conhecendo-se as características que podem afetar a sua qualidade e segurança no contexto da Saúde Pública e da Nutrição (SGARBIERI, 1996; PIRES et al. 2006).

Digestibilidade e biodisponibilidade de proteínas em alimentos de origem animal e vegetal requerem estudos quanto à avaliação nutricional no sentido de obter conhecimentos quanto às quantidades recomendadas desse nutriente para atender as necessidades da espécie humana de ambos os sexos e em diferentes idades e estados fisiológicos (SGARBIERI, 1996; BURTON, 1979).

Dados sobre requerimentos de aminoácidos essenciais, consumo de proteínas limitantes em determinados aminoácidos, presença de substâncias que formam com as proteínas compostos menos digeríveis e biodisponíveis, são importantes para estabelecer recomendações e/ou ingestas de nutrientes e para balancear dietas (BURTON, 1979; FENNEMA, 1985).

Indispensáveis na dieta humana e animal, as proteínas fornecem elementos essenciais a todas as células vivas; no entanto, algumas proteínas de ocorrência

natural nos alimentos, como as proteínas de reserva de sementes de plantas, sendo as mais estudadas, as da família Leguminosae, apresentam propriedades tóxicas e antinutricionais (FENNEMA, 1985; SGARBIERI, 1996).

Algumas proteínas de sementes de plantas, como as lectinas, inibidores de proteinase e vicilinas, são bastante estudadas em sementes de leguminosas (feijão, soja, amendoim) e grãos de cereais (trigo, centeio e cevada). Em plantas, essas proteínas estão associadas ao seu mecanismo de defesa, atuando como proteínas bactericidas, fungicidas e inseticidas (FREIRE et al. 2002; MACEDO et al. 2002). E na dieta humana e animal, elas são consideradas antinutricionais e/ou tóxicas por levar à inibição do crescimento de animais experimentais, acompanhada por diminuição da digestibilidade da proteína, e hipertrofia e hiperplasia pancreáticas (BURNS, 1987; LIENER, 1994; MCANUFF et al. 2005).

A qualidade nutricional das proteínas vegetais pode ser melhorada através do tratamento térmico, devido principalmente à inativação dos inibidores de proteases e das lectinas. Processamento térmico de derivados de soja pode aumentar o coeficiente de eficácia protéica e da digestibilidade aparente com a diminuição dos fatores antinutricionais (BURNS, 1987; MCANUFF et al. 2005; OLIVEIRA et al. 1999).

Considerando que dados sobre a composição de alimentos são importantes para inúmeras atividades como a realização de balanços para avaliar o suprimento e o consumo alimentar de uma população, para verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos, para medir indiretamente o estado nutricional ou nível de risco, para desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença e para avaliar a qualidade de matérias-primas disponíveis para aproveitamento e/ou processamento, estudos que caracterizem e avaliem nutrientes essenciais, como as proteínas, tornam-se relevantes pelas indicações da importância na área da Nutrição e Saúde Pública (SGARBIERI, 1996).

Com o aumento da população, deve-se aumentar pelo menos proporcionalmente a produção de alimentos, não podendo se manter indefinidamente dentro dos hábitos indígenas, mesmo que no Estado haja uma boa representatividade quanto à ocupação do cerrado pela população de índios. Estudar aspectos nutricionais/antinutricionais, com ênfase nos componentes protéicos de espécies nativas da região de Mato Grosso do Sul, incentivando a elaboração de alimentos diversificados, dentro do equilíbrio e conservação da biodiversidade,

contribui para a melhoria da qualidade de vida da população em harmonia com o ambiente (SANO e ALMEIDA, 1998; SOSHIMA et al. 2002).

A bocaiúva é um fruto que pertence à família Palmae, sendo a espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. abundante e nativa no Estado de Mato Grosso do Sul. Outras espécies podem ser encontradas no Estado e também na parte setentrional do sudeste brasileiro e na América Central, apresentando vários nomes comuns, entre eles, macaúba, coco de catarro, macabira, mocajuba e macaíba (POLIAKOFF, 1961). Apresenta uma semente (amêndoa) comestível que pode ser consumida *in natura* ou na forma de doces, como a paçoca e a cocada (ALMEIDA, 1998; SILVA et al. 1994).

Nozes (amêndoas) da bocaiúva apresentam teores de proteínas elevados (HIANE et al. 1992; SOUZA et al. 2001), porém não são encontrados ainda dados sobre o perfil aminoacídico e propriedades antinutricionais e/ou tóxicas das sementes desses frutos. Aspectos químicos e bioquímicos de proteínas de sementes de espécies frutíferas nativas do Estado de Mato Grosso do Sul e que apresentam potencialidades no mercado de nozes ainda não foram estudados no sentido de apontar a possibilidade de exploração comercial dessas espécies como fonte complementar de nutrientes, uma vez que as mesmas, contendo proteínas ou outras substâncias podem apresentar fatores limitantes (deficiência de aminoácidos essenciais, presença de substâncias antinutricionais e/ou tóxicas) que comprometem a sua utilização.

No trabalho proposto, frações lipídicas de polpa e sementes e frações protéicas de sementes da bocaiúva (*A. aculeata*), coletados em regiões do Estado de Mato Grosso do Sul, foram avaliadas em amostras preparadas na forma de farinha-base integral, farinha desengordurada e farinha processada, verificando-se o efeito do aquecimento sobre as proteínas e lipídios das sementes e polpa das amostras estudadas, com ênfase no seu potencial nutricional.

O objetivo do trabalho foi: (a) avaliar as características físico-químicas e a composição em ácidos graxos da polpa, farinha da polpa e amêndoa da bocaiúva; (b) verificar a qualidade nutricional da proteína de amêndoa da bocaiúva, baseada na ingestão de ração e ganho de peso de animais em experimento (ratos machos Wistar) e determinação do nitrogênio urinário e metabólico; e na realização do perfil e escore químico de aminoácidos da proteína de amêndoas do fruto; (c) realizar

análises da composição centesimal, composição em aminoácidos, teores de minerais, atividade hemaglutinante e inibitória de enzimas, massa molecular e digestibilidade *in vitro* de proteínas de amêndoas da bocaiúva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S.P. **Cerrado - aproveitamento alimentar**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188p.

AULER, F.; AMAYA-FARFÁN, J.; SPEHAR, C.R. Perfil aminoacídico do amaranto brasileiro (*A. cruentus* Var. Japônica). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.2438-2441. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

AYKROID, W.R.; DOUGHTY, I. Legumes in human nutrition. **FAO Nutritional**, v.19, p.1-138,1964.

BOLETI, A.P.A.; MACEDO, M.L.R. *In vitro* digestibility of albumin and globulin fractions from *Dipteryx alata* seed. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA, Caxambu, 28, 1999. **Resumos...**, SBBQ, 28, 1999. p.28.

BOLETI, A.P.A.; MACEDO, M.L.R. *In vitro* digestibility of proteins of *Dipteryx alata* seeds by mammalian digestive proteinase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA, Caxambu, 29, 2000. **Resumos...**, SBBQ, 29, 2000. p.33.

BRIAN, A.L. Seed storage proteins: characterization and biosynthesis. **The Biochemistry of Plants**, v.6, p.449-485, 1981.

BURNS, R.A. Protease inhibitors in processed plant foods. **Journal of Food Protection**, v.50, n.2, p.161-165, 1987.

BURTON, B.T. **Nutrição humana**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1979. Cap.7, p. 49-66.

CALDEIRA, S.D.; HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* SW.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.22, n.1, p.145-154, 2004.

DERBYSHIRE, E.; WRIGHT, D.J.; BOUTER, D. Legumin and vicilin storage proteins of legume seeds. **Phytochemistry**, v.15, p.3-24, 1976.

DESHPANDE, S.S.; NIELSEN, S.S. Nitrogenous constituents of selected grain legumes. **Journal of Food Science**, v.52, p.1321-5, 1987.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. New York, Marcel Dekker, 1985. 991p.

FREIRE, M.G.M.; GOMES, V.M.; CORSINI, R.E.; MACEDO, M.L.R. Isolation and partial characterization of a novel lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, Elsevier, v.40, p.61-68, 2002.

GARCIA, V.A.; FREIRE, M.G.M.; TOYAMA, M.H.; NOVELLO, J.C.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Trypsin inhibitor from *Poecilanthus parviflora* seeds: purification, characterization and activity against pest proteases. **Journal of Protein Chemistry**, v.23, n.5, p.343-350, 2004.

HAGE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; HIANE, P.A.; RAMOS FILHO, M.M. Carotenóides e valor pró-vitâmico A da polpa do tucum (*Bactris coccinea* Drude) do Estado de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.2055-2058. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M.; PEREIRA, J.G. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos de alguns frutos nativos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.10, n.1, p. 35-42, Jan/Jun, 1992.

HIGGINS, T.J.V. Synthesis and regulation of major proteins in seeds. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.191-221,1984.

KERMODE, A.R. Regulation of plant gene expression at the post-translational level: Applications to genetic engineering. In: **Basra AS (ed) - Mechanisms of plant growth and improved productivity. Modern Approaches**. Marcel Dekker Inc. New York, p.317-390, 1994.

LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v.34, n.1, p.31-67, 1994.

LIMA, D.B.; HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M. Caracterização físico-química do araticum do mato (*Rollinia emarginata* SCHL.) e do jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) do Estado de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.2097-2100. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

MACEDO, M.L.R.; FREIRE, M.G.M.; NOVELLO, J.C.; MARANGONI, S. *Talisia esculenta* lectin and larval development of *Callosobruchus maculatus* and *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Biochimica et Biophysica Acta**, Elsevier, v.1571, p.83-88, 2002.

MARCONE, M.F. Biochemical and biophysical properties of plant storage proteins: a current understanding with emphasis on 11S seed globulin. **Food Research International**, v.32, p.79-92, 1999.

MARTINS, L.R.R.; HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M. Caracterização físico-química do sapatá do campo, espécies *Peritassa campestris* (Cambes) A.C. Smith e *Cheinoclinium cognatum* (Miers) A.C. Smith, nativas do Estado de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16,1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, CBCTA, 1998. v.2, p.1128-1131.

MATTIETTO, R.A.; LOPES, A.L.; VASCONCELOS, M.A.M.; JACKIX, M.N.H. Determinação aminoacídica das proteínas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) ao longo do processo fermentativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.1991-1994. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

MATUDA, T.G.; MARIA NETTO, F. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 353-357, 2005.

MCANUFF, M.A.; OMORUYI, F.O.; SOTELO-LÓPEZ, A.; ASEMOTA, H.N. Proximate analysis and some antinutritional factor constituents in selected varieties

of jamaican yams (*Discorea* and *Rajana* spp.). **Plant Foods for Human Nutrition**, v.60, p. 93-98, 2005.

MUNTHZ, H. Proteases and proteolytic cleavage of storage proteins in developing and germinating dicotyledonous seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.47, n.298, p.605-622, 1996.

NEVES, V.A. **Isolamento e digestibilidade *in vitro* da proteína da lentilha (*Lens esculenta*)**. São Paulo, 1991. 140p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

NIELSEN, S.S.; LIENER, I.E. Degradation of the major storage proteins of *Phaseolus vulgaris* during germination. Role of endogenous proteases and protease inhibitors. **Plant Physiology**, v.74, p.494-498, 1984.

OLIVEIRA, J.T.A.; SILVEIRA, S.B.; VASCONCELOS, I.M.; CAVADA, B.S.; MOREIRA, R.A. Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa oleifera* Lamarck. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v.79, p.815-820, 1999.

PEREIRA, D.D.; NEVES, V.A.; SHOSHIMA, O.L.; TAVANO, O.L. Isolamento e características das frações protéicas do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivar, Br 14-Mulato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.2450-2454. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

PIRES, C.V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ROSA, J.C.; COSTA, N.M.B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.179-187, 2006.

POLIAKOFF, J. Le macauba. **Oléagineux**, Paris, v.16, p.37-40, 1961.

RAMOS, M.I.L.; UMAKI, M.C.S.; HIANE, P.A.; RAMOS FILHO, M.M. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitamínicos A da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.19, n.1, jan/jun, p.23-32, 2001.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, DF, 1998. 556p.

SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Solubilization and electrophoretic characterization of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins. **Journal of Food Science**, v.47, p.491-97, 1982.

SGARBIERI, V.C. Estudo de conteúdo e de algumas características das proteínas em sementes de plantas da família *Leguminosae*. **Ciência e Cultura**, v. 32, p.78-84, 1980.

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

SILVA JÚNIOR, S.I.; DEMONTE, A. Avaliação da qualidade nutricional da proteína do "leite de soja" e do leite integral em pó. Ensaio experimental e discussão metodológica. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v.8, p.105-120, 1997.

SILVA, J.A.; SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.; ANDRADE, L.R.N. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: EMBRAPA-CPAC: EMBRAPA-SPI, 1994. 166p.

SILVA, J.B.; BORA, P.S.; QUEIROGA NETO, V. Caracterização de propriedades funcionais do isolado protéico de sementes de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.), modificado por acetilação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, p.263-269, set-dez. 1997.

SOSHIMA, A.H.R.; NEVES, V.A.; PEREIRA, D.D.; TAVANO, O.L. Digestibilidade *in vitro* da farinha e das frações protéicas do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR14-Mulato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: CBCTA, 2002. p.2455-2458. 1CD-ROM. Acrobat Reader 5.0.

SOUZA, L.; GOMES, A.V.; LENZA, S.M.; SILVA, A.V. Caracterização físico-química das nozes de piqui (*Caryocar brasiliense*), baru (*Dipteryx alata*) e chichá (*Sterculia striata*). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Livro de Resumos**, Campinas:SLACA, 2001, p.4-5.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I.A.; GARBELOTTI, M.L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n.2, p. 113-117, 2001.

TANNENBAUM, S.R.; BARTH, H.; LE ROUX, J.P. Loss of methionine in casein during storage with autoxidizing methyl linoleate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.17, n.6, p.1353-1354, 1969.

TAVANO, O.L.; NEVES, V.A.; SILVA JÚNIOR, S.I. Digestibilidade *in vitro* e *in vivo* da farinha e frações protéicas do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Livro de Resumos**, Campinas:SLACA, 2001, p.348.

CAPÍTULO 1

BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., PULP AND KERNEL OILS: CHARACTERIZATION AND FATTY ACID COMPOSITION

Publicado na revista **Brazilian Journal of Food Technology** (ISSN 1516-7275), v.3,
n.8, p.56-59, 2005.

BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., PULP AND KERNEL OILS:

CHARACTERIZATION AND FATTY ACID COMPOSITION

Priscila Aiko Hiane^{1*}, Manoel Mendes Ramos Filho¹, Maria Isabel Lima Ramos¹,
Maria Lígia Rodrigues Macedo²

¹ Professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública, CCBS,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CEP 79070-900, C.P. 549, Campo
Grande, MS, Brazil

² Professora do Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, CEP 79603-021, Três Lagoas, MS, Brazil

*Correspondence to: prihiane@nin.ufms.br

SUMMARY

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. is a common, economically important species of palm tree found in the Brazilian state of Mato Grosso do Sul. In this work, we examined the general physico-chemical characteristics and fatty acid composition of the fruit (bocaiúva) of this species. The fresh pulp and flour obtained from the fruit pulp had a high content of unsaturated fatty acids, with a predominance of oleic acid, which corresponded to 65.9 and 62.2% of the total fatty acid content, respectively. The oil from bocaiúva kernels contained mainly oleic acid (40.2%), lauric acid (13%) and palmitic acid (12.6%). During processing of the pulp to produce flour, the oil rancidity increased as a result of oxidation. The fatty acid profile in the samples analysed agreed with that for palm trees in general. The ratio linoleic acid (ω -6 family fatty acid)/linolenic acid (ω -3 family fatty acid) is lower than 4,0 that is the maximum value recommended to the diet.

Key words: Bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), Fatty acids, Pulp and kernel oil, Physico-chemical characteristics.

1. INTRODUCTION

Bocaiúva is the popular name for fruit from the palm tree *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., family Palmae which is abundant in the Brazilian state of Mato Grosso do Sul. Other species of this genus also occur in this state and in the Brazilian southeastern and in Central America, and they are known by common names such as macaúba, catarro coconut, macabira, mocajuba and macaíba (SILVA *et al.*, 1994). Following maturation, the oily, semi-fibrous, mucilaginous pulp of bocaiúva is eatable and has a characteristic sweet flavor (POTT & POTT, 1994; ALMEIDA, 1998). The seed (kernel) of the fruit can be eaten raw or in the form of candies, as "paçoca" and "cocada" (SILVA *et al.*, 1994; ALMEIDA, 1998).

The pulp of bocaiúva contains yellow-red oil that can be used to produce cooking oil. The kernel also contains transparent oil that can be purified for use in cooking and the production of sweets (MACAÚBA, 1986). Oils and fats are important source of energy for human metabolism. The effects of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition have been extensively investigated (SENANAYAKE & SHAHIDI, 2002; LAPOSATA *et al.*, 2002; PARK *et al.*, 1999; STANTON *et al.*, 1997). The involvement of saturated fatty acids in heart disease has led to exclusion of fats from the diet (KEONG *et al.*, 2003; GRISDALE-HELLAND *et al.*, 2002). Flour prepared from the pulp of mature bocaiúva (*Acrocomia mokayáyba* Barb. Rodr.) has high vitamine A and oil content (HIANE & PENTEADO, 1989; HIANE *et al.*, 1990). This composition has led to interest in this fruit as a source of raw material for food products. It's possible that the good storage properties of the fruit when with hard peel, being then more protected against photochemical reactions (FENNEMA, 1985) allow that the flour can be produced out of season.

AMAYA-FARFÁN *et al.* (1986) and HIANE *et al.* (1990), investigating other bocaiúva species, being respectively *Acrocomia sclerocarpa* Mart. and *A. mokayáyba* (Barb.) Rodr., from the Brazilian northeastern and western center area, showed that the oil of the fruit pulp contained principally oleic acid, followed by palmitic acid; and in the oil of the kernel, AMAYA-FARFÁN *et al.* (1986) found the lauric and oleic acids, as predominant fatty acids.

In this work, we examined the general physico-chemical characteristics and fatty acid composition of the fruit (bocaiúva) of the species *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. from Brazilian state of Mato Grosso do Sul as well as we verified the changes in the characteristics of the pulp oil of fruit after its processing to produce flour.

2. METHODOLOGY

2.1. Material

Fruits of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd., were collected on the campus of the Federal University of Mato Grosso do Sul. For analysis, the fresh fruits (1kg) were shelled and the pulp and kernels were removed and ground. A portion of the homogenized pulp was desiccated in forced ventilation stove, at 40-50°C, for 4h and then blended and sifted to obtain pulp.

The oil in the fresh pulp, pulp flour and kernels was extracted by the method of Bligh & Dyer, as described by KATES (1972), in order to determine its physico-chemical properties and fatty acid composition.

2.2. Methods

2.2.1. Oil content

The oil content was determined by direct extraction in a Soxhlet apparatus, using petroleum ether (boiling point 40-60°C), according to standard procedures (INSTITUTO ADOLFO LUTS, 1985).

2.2.2. Physico-chemical characteristics

The physico-chemical characteristics of the oil in fresh pulp, pulp and kernels were determined by standard procedures recommended by THE INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) and the AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY - AOCS (1998).

For acidity, an aliquot of oil was weighed, solubilized in ether ethyl:ethanol (2:1, v/v) and titrated with 0,1 mol/L sodium hydroxide. The iodine content was determined by the method of Wijs, using Wijs solution and 0,1 mol/L sodium thiosulfate. The refractive indices of the pulp and kernel oils were determined in an Abbé refractometer. The saponification value was determined by saponification with 4% potassium hydroxide and titration with 0,5N HCl. The peroxide content of the oil was determined according to the AOCS method.

2.2.3. Fatty acid composition

After extraction, the oils were saponified and the fatty acids were converted to methyl esters as described by HARTMAN & LAGO (1973).

The fatty acid methyl esters were analyzed, using a model Star 3400 Varian Gas Chromatograph, equipped with a flame ionization detector, a split/splitless injector and a capillary column of melted silica (30 m x 0.25 mm, J & Scientific, USA), containing polyethylene glycol (D B Wax) as the stationary phase. The chromatographic conditions used included: a detector temperature of 260°C, an injector temperature of 250°C, a column temperature of 200°C for 20 min, programmed for 1°C per minute up to 220°C, hydrogen gas with flow rates of 1,1 mL/min., gas make-up nitrogen for 22 mL/min.

The fatty acids were identified by comparing the retention times of the sample peaks with those of methyl ester standards of fatty acids. The areas of the peaks were calculated and expressed as a percentage of area total.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Oil content and physico-chemical characteristics

Table 1 shows that the fresh pulp, flour and kernels of bocaiúva were rich in oils with values of 16.5, 19.3 and 52.9% (in wet basis), respectively.

The acidity and peroxide content of pulp flour were higher than for fresh pulp, indicating that the processing of bocaiúva pulp at 40 to 50°C to obtain flour led to the breakdown of glycerides with the release of free fatty acids and oxidation of the oil. Despite these higher values, the flavor of the product was unaltered since fresh pulp contains lipolytic enzymes that hydrolyze the oil soon after maturation of the fruit, thereby releasing low molecular weight fatty acids and glycerol that give the fruit its characteristic flavor (MACAÚBA, 1986; LAGO *et al.*, 1991).

Comparatively to oils from other palm tree fruits, the bocaiúva pulp and kernel oil showed lower acidity values than those found in the buriti, palm and palmiste oil (TAVARES *et al.*, 1990; SERRUYA *et al.*, 1980); and also these values were low in comparison to allowed maximum acidity content for raw or virgin edible oil, as olive and palm oil (maximum of 5.0%) (BRASIL, 1999).

The saponification values agreed with those commonly found for the edible and refined oils (usual range: 181-265) (BRASIL, 1999). And the iodine content was higher than reported for the pulp and kernel of palm oil (BRASIL, 1999; TAVARES *et al.*, 1990).

3.2. Fatty acid composition

Table 2 shows the fatty acid composition of oil from bocaiúva pulp, pulp flour and kernels. In pulp and pulp flour, there was a predominance of oleic acid, with levels similar to those found in the fruit of other palm trees (LAGO *et al.*, 1991; SERRUYA *et al.*, 1980; TRUJILLO-QUIJANO *et al.*, 1992; AMAYA-FARFÁN *et al.*,

1986; SOUZA *et al.*, 1986; MESQUITA *et al.*, 2001), being that the palmitic acid was the second most abundant fatty acid, in agreement with previous reports (HIANE *et al.*, 1990; AMAYA-FARFÁN *et al.*, 1986). And in bocaiúva kernel was verified as predominant fatty acid, the oleic acid, followed by lauric acid while that in kernel oil of other bocaiúva species previously reported, the lauric acid was the major fatty acid (AMAYA-FARFÁN *et al.*, 1986).

The fresh pulp and pulp flour showed similar contents of monounsaturated fatty acids (66.9 and 66.4%, respectively) to those verified in comestible oils which were rich in these fatty acids, as olive (56-87%), peanut (15-47%) and canola oil (54-75%) (BRASIL, 1999).

TABLE 1- Physico-chemical characteristics of the *in natura* pulp, pulp flour and kernel oil of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., from the state of Mato Grosso do Sul.

Characteristics	Pulp	Pulp flour	Kernel
Acidity, in oleic acid (% w/w)	0.83	3.14	0.21
Iodine (WIJS)	75.43	74.04	54.05
Saponification index (mg KOH/g oil)	210.50	206.30	258.00
Refractive index at 40 °C	1.4609	1.4615	1.4539
Peroxide value (mEq/kg oil)	2.09	5.80	0.00
Oil content (g/100 g in wet basis)	16.50	19.30	52.90

In fruit kernel were observed 42,5% of monounsaturated fatty acids and high value of saturated acids (49,7%). Comparatively to other palm kernel oil, the palmiste oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) presented lower monounsaturated (12-19%) and higher saturated values (69-98%) than those verified to studied kernel (BRASIL, 1999).

In relation to ω -3 family fatty acids, linolenic acid values to bocaiúva pulp, pulp flour and kernel (respectively, 2.5; 2.7 and 1.9%) were elevated when compared with the values to olive (0.5%), sunflower (1%), corn (1%) and palm oil (1%) (BELDA & POURCHET-CAMPOS, 1991). The data found were above that recommended dietary intake to adult man (THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2002).

TABLE 2 - Oil fatty acid composition (%) of the *in natura* pulp, pulp flour and kernel of the bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. from the state of Mato Grosso do Sul.

Fatty acid	Pulp	Pulp flour	Kernel
Caprylic acid (C ₈)	0.45	0.41	5.96
Capric acid (C ₁₀)	0.27	0.23	1.79
Lauric acid (C ₁₂)	1.97	1.98	12.95
Myristic acid (C ₁₄)	0.45	0.42	9.49
Palmitic acid (C ₁₆)	15.96	18.53	12.62
Palmitoleic acid (C _{16:1})	1.01	4.19	2.29
Stearic acid (C ₁₈)	5.92	4.88	6.58
Oleic acid (C _{18:1})	65.87	62.16	40.17
Linoleic acid (C _{18:2})	5.10	4.03	5.91
Linolenic acid (C _{18:3})	2.52	2.74	1.92
Araquidic acid (C ₂₀)	0.50	0.53	0.30
% SFA	25.52	26.98	49.69
% MUFA	66.88	66.35	42.46
% PUFA	7.62	6.77	7.83
MUFA/SFA	2.62	2.46	0.82
PUFA/SFA	0.30	0.25	0.15

SFA= Saturated fatty acids MUFA= Monounsaturated fatty acids
 PUFA= Polyunsaturated fatty acids

4. CONCLUSION

The results obtained show that pulp, flour and kernels of the bocaiúva presented profile with relationship to the physico-chemical characteristics and fatty acid composition similar to other fruits of palm trees, in general.

The processing of the pulp to obtain bocaiúva flour led to the alteration with relationship to the oxidative rancidity. Due to the saturated fatty acid high content the bocaiúva kernel oil show higher stability in relation to the lipidic peroxidation than the pulp and the flour.

Evaluating the indices of nutritional quality, was observed that the ratio PUFA (Polyunsaturated fatty acids)/SFA (Saturated fatty acids) for the analyzed samples corresponded to a lower value than the recommended; however, the ratio among linoleic acid (ω -6 family fatty acid) and linolenic acid (ω -3 fatty family acid) is smaller than 4,0, which is the maximum recommended value to the diet, according to the DEPARTMENT OF HEALTH of England (1994). Then, as the lipid content were high in the *in natura* and processed pulp of bocaiúva as well as in the fruit kernel, it can be considerer as a good source of a fatty acid belonging to the ω -3 family, the linolenic, whose levels were above of recommended dietary quota.

RESUMO

ÓLEO DA POLPA E AMÊNDOA DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.)

Lodd. CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. é uma espécie comum, economicamente importante, de palmeiras encontradas no Estado de Mato Grosso do Sul. Neste trabalho, foram analisadas as características físico-químicas e a composição em ácido graxo do fruto bocaiúva dessa espécie. Polpa *in natura* e farinha obtida da polpa da fruta apresentaram alto teor de ácidos graxos insaturados, com uma predominância de ácido oléico, o qual correspondeu a valores de 65,9 e 62,2% do total de ácidos graxos, respectivamente na polpa e na farinha. O óleo da amêndoa da bocaiúva apresentou principalmente ácido oléico (40,2%), ácido láurico (13%) e ácido palmítico (12,6%). Durante o processamento da polpa para produzir farinha, a

rancidez do óleo aumentou como resultado de oxidação. O perfil de ácidos graxos das amostras analisadas está de acordo com o verificado em frutos de palmeira. A relação entre ácido graxo linoléico (ácido graxo da família ω -6) e ácido linolênico (ácido graxo da família ω -3) é menor que 4,0 que é o valor máximo recomendado na dieta.

Palavras-chave: Bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), Ácidos graxos, Óleo de polpa e amêndoa, Características físico-químicas.

REFERENCES

ALMEIDA, S.P. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188p.

AMAYA-FARFÁN, J.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; NOLETO CRUZ, P.; MARQUES, E.P. Fatty acid and amino acid composition of some indigenous fruits of northeastern Brazil. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 6, 86-92, 1986.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. AOCS. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 5th. Illinois, 1998.

BELDA, M.C.R.; POURCHET-CAMPOS, M.A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.11, n.1, p.5-35, 1991.

BRASIL.Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 482, de 23 de Setembro de 1999. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais**. Disponível em: <<http://www/anvisa.gov.br>>.

DEPARTMENT OF HEALTH. Report on health and social subjects nº 46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1994, 178p.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. New York, Marcel Dekker, 1985. 991p.

GRISDALE-HELLAND, B.; RUYTER, B.; ROSENLUND, G.; OBACH, A.; HELLAND, S.J.; SANDBERG, M.G.; STANDAL, H.; ROSJO, C. Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition, heart histology and standard oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperatures. **Aquaculture**, 207, 311-329, 2002.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Lab. Pract.** London 22, 475-494, 1973.

HIANE, P.A.; PENTEADO, M.V.C. Carotenóides e valores de vitamina A do fruto e da farinha de bocaiúva (*Acrocomia mokayáya* Barb. Rodr.) do Estado de Mato Grosso do Sul. Revista **Farm. Bioquím. Univ. S. Paulo**, v.25, n.2, p.158-168, jul/dez, 1989.

HIANE, P.A.; PENTEADO, M.V.C.; BADOLATO, E. Teores de ácidos graxos e composição centesimal do fruto e da farinha da bocaiúva (*Acrocomia mokayáya* Barb. Rodr.). **Alim. Nutr.**, São Paulo v.2, p.21-26, 1990.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3rd ed. São Paulo, 1985. v.1. 533p.

KATES, M. **Techniques of lipidology**. London, North-Holland. American Elsevier Publ. Co. 1972. 610p.

KEONG Ng, W.; KIN LIM, P.; LIM BOEY, P. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle α -tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture**, 215, 229-243, 2003.

LAGO, R.C.A.; PEREIRA, D.A.; PASSOS, P.R.A.; ROCHA, A.N.F.; JABLONKA, F.H.; SZPIZ, R.R. Triacilgliceróis de óleo de amêndoa de macaúba. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas 11, 66-79, 1991.

- LAPOSATA, M.; HASABA, A.; BEST, C.A.; YOERGER, D.M.; McQUILLAN, B.M.; SALEM, R.O.; REFAAI, M.A.; BRITT, L.S. Fatty acid ethyl esters: recent observations. **Prostaglandins**, 67, 193-196, 2002.
- MACAÚBA. **Guia Rural**, Rio de Janeiro, (Abr.), 339, 1986.
- MESQUITA, I.V.U.; BORA, P.S.; NARAIN, N. Extração e caracterização de óleo de frutos da palmeira imperial (*Roystonea principis*). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 4, Campinas, 2001. **Livro de resumos**, SLACA, Campinas, 2001, p.239.
- PARK, Y.; ALBRIGHT, K. J.; STORKSON, J.M.; LIU, W.; COOK, M.E.; PARIZA, M.W. Changes in body composition in mice during feeding and withdrawal of conjugated linoleic acid. **Lipids**, 34, 243-248, 1999.
- POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. EMBRAPA. Brasília-DF. 1994. 320p.
- SENANAYAKE, S.P.J.N.; SHAHIDI, F. Positional distribution of FA in TAG of enzymatically modified borage and evening primrose oils. **Lipids**, 37, 803-810, 2002.
- SERRUYA, H.; BENITOS, M.H.S.; SIMÕES, J.C.; COBATO, J.E.; MULLER, A.H.; ROCHA FILHO, G.N. Análise dos óleos das frutas de 3 palmáceas da região Amazônica. **Anais Assoc. Bras. Quim.** Belém 21, 93-96, 1980.
- SILVA, J.A.; SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.N. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: EMBRAPA-CPAC: EMBRAPA-SPI, 1994. 166p.
- SOUZA, M.C.P.; MAIA, G.A.; ORIÁ, H.F.; GUEDES, Z.B.L.; FROTA, L.F. Composição de ácidos graxos da fração lipídica da polpa do buriti (*Mauritia vinifera* Mart.). **Rev. Bras. Frutic.** Cruz das Almas 8, p.19-24, 1986.

STANTON, C.; LAWLESS, F.; KJELLMER, G.; HARRINGTON, D.; DEVERY, R.;
CONNOLLY, J.F.; MURPHY, J. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-
conjugated linoleic acid content. **J. Food Sci.** 62, 1083-1086, 1997.

TAVARES, M.; BADOLATO, E.S.G.; CARVALHO, J.B.; AUED, S. Óleo de amêndoa
de palma (palmiste) brasileiro: caracterização e composição em ácidos graxos.
Rev. Inst. Adolfo Lutz 50, 307-312, 1990.

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. Food and Nutrition Board. **Dietary reference
intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein
and aminoacids** (2002) (macronutrients table). Disponível em: www.nap.edu.

TRUJILLO-QUIJANO, J.A.; ESTEVES, W.; PLONIS, G.F.; RODRIGUEZ-AMAYA,
D.B. Variação do perfil de ácidos graxos do óleo de polpa de frutos de diferentes
palmeiras oleoginosas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 12, 91-96, 1992.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS PROTEÍNAS DE AMÊNDOAS DA BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., EM RATOS WISTAR EM CRESCIMENTO

Aprovado para publicação no **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos -B. CEPPA (ISSN 0102-0323)**, Curitiba, v.24., n.1, jan/jul, 2006.

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS PROTEÍNAS DE AMÊNDOAS DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., EM RATOS WISTAR EM CRESCIMENTO

PRISCILA AIKO HIANE *

MARIA LÍGIA RODRIGUES MACEDO **

GABRIELA MORAES SILVA ***

JOSÉ ANTÔNIO BRAGA NETO *

Efetuuou-se a avaliação nutricional da proteína da amêndoa de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., determinando o Balanço Nitrogenado (BN), Digestibilidade Verdadeira (DV), Valor Biológico (VB), Razão de Eficiência Protéica (PER) e a composição em aminoácidos. Realizou-se ensaio com 24 ratos machos Wistar, alimentados com as dietas controle (caseína), teste (farinha de amêndoa da bocaiúva) e aprotéica, preparadas de acordo com o protocolo do American Institute of Nutrition. As dietas controle e teste foram formuladas de maneira a serem isoprotéicas. Verificou-se durante 29 dias a quantidade de ração ingerida e o ganho de peso corporal dos animais, determinando-se o nitrogênio urinário e metabólico. A farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva apresentou alto teor de proteína (38,0%) e de fibra (45,3%). Ratos tratados com a dieta-teste apresentaram menor balanço nitrogenado (2,0), menor ganho de peso (42,8 g) e menor capacidade de promover a digestibilidade de proteínas (83,5%) que os tratados com caseína (respectivamente, 3,3; 55,5g e 95,5%). Pelo perfil de aminoácidos da amostra, a treonina constitui o aminoácido essencial mais limitante (escore químico de 41,8%) em relação ao padrão da FAO/WHO, sendo encontrados teores elevados de valina, isoleucina, fenilalanina+tirosina, metionina+cisteína e lisina. A proteína da amêndoa da bocaiúva, embora com alto valor biológico (81,1%), apresentou qualidade nutricional mais baixa que a caseína padrão quanto aos outros índices avaliados. Concluiu-se que é possível utilizar amêndoas da bocaiúva para suplementar dietas, especialmente quando adotadas formas de preparo que melhorem sua digestibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: QUALIDADE PROTÉICA; ENSAIO BIOLÓGICO; AMÊNDOA; BOCAIÚVA; *Acrocomia aculeata*.

* Professores, Departamento de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública,

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande (MS), Brasil (e-mail: prihiane@nin.ufms.br).

** Professora, Departamento de Ciências Naturais, UFMS. Três Lagoas (MS), Brasil.

*** Bolsista de Iniciação Científica, Programa PIBIC, Curso de Farmácia-Bioquímica, UFMS, Campo Grande (MS), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A bocaiúva pertence à família Palmae, espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., sendo abundante e nativa no Estado de Mato Grosso do Sul (MS). Ocorre em mata mesofítica, sendo conhecida popularmente por bacaiuveira, bacaúva, coco-balão, coco-baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinha, coco-xodó, embocaia, macaiba, macaiá, macajá, macajuba, macaúba, macaúva, macujá, marcová e mucajá (ALMEIDA, 1998). Apresenta uma semente cuja amêndoa comestível pode ser consumida *in natura* ou na forma de doces, como a paçoca e a cocada (ALMEIDA, 1998; SILVA *et al.* 1994; ALMEIDA *et al.* 1998).

As nozes (amêndoas) da bocaiúva apresentam teor de proteínas elevado (HIANE *et al.* 1992), porém não são encontrados dados sobre o perfil aminoacídico e as propriedades nutricionais das sementes desse fruto.

Sementes de espécies de plantas nativas, como as do cerrado, vêm sendo estudadas a fim de avaliar o potencial de aproveitamento de frutos comestíveis regionais. No Brasil, TOGASHI e SGARBIERI (1995) estudaram sementes de baru (*Dypterix alata* Vog) e MATUDA e MARIA NETTO (2005) sementes de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). As duas espécies do cerrado brasileiro podem constituir fontes de proteínas e carboidratos (baru) e de fibras (jatobá), mas ambas apresentam, deficiência em aminoácidos sulfurados na fração protéica.

As proteínas dos alimentos podem ser classificadas conforme sua digestibilidade, proporção e biodisponibilidade de aminoácidos (NIELSEN, 1991; PELLET e YOUNG, 1980; HENLEY e KUSTER, 1994). A qualidade da proteína resulta do seu valor nutritivo. Em geral, as proteínas de origem animal apresentam maior valor nutritivo que as de origem vegetal (CARIAS, CIOCCIA e HEVIA, 1995).

A dieta da população brasileira pode indicar, muitas vezes, a origem de problemas de saúde, pela qualidade nutritiva precária. Ocorrem nas diferentes regiões, padrões alimentares mais ou menos incompletos e dissonantes (MADRUGA *et al.* 2004; BRANDÃO e BRANDÃO, 1996). No entanto, o Brasil dispõe de recursos naturais e de alternativas agrícolas que podem atender e/ou suplementar satisfatoriamente dietas nutricionalmente deficientes. São exemplos a soja, a algaroba, a castanha-do-Brasil e outras matérias-primas regionais (como o piqui, bocaiúva, bacuri e baru) que oferecem alto teor protéico (HIANE *et al.* 1992; VIEIRA e BION, 1998; SOUZA e MENEZES, 2004; TOGASHI e SGARBIERI, 1995).

No presente trabalho avaliou-se a qualidade protéica da amêndoa de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., mediante determinação do Balanço Nitrogenado (BN), Digestibilidade Verdadeira (DV), Valor Biológico (VB), Razão de Eficiência Protéica (PER) e composição em aminoácidos da fração protéica da amêndoa do fruto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA PRIMA

Foram coletados no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande-MS, frutos maduros de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., de Novembro a Dezembro de 2003. As amêndoas dos frutos foram retiradas e trituradas em triturador Turrtec e passadas em tamis 60 mesh, constituindo a farinha-base integral. A farinha desengordurada com éter de petróleo p.a. (PE - 30-60°C), constituindo a farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva, foi utilizada para estudo das proteínas quanto à sua composição em aminoácidos e digestibilidade *in vivo*.

2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Realizou-se a determinação da composição centesimal, da farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva visando obtenção de dados a serem utilizados na formulação da ração para o ensaio biológico protéico. Submeteu-se a amostra desengordurada à determinação do teor de lipídios remanescentes pelo método de extração direta com solvente orgânico em aparelho de Soxhlet (IAL, 1985).

A determinação de umidade ocorreu por dessecação em estufa a 105°C (método gravimétrico), conforme procedimento (IAL, 1985). A proteína foi determinada pelo conteúdo de nitrogênio total (%), segundo método microKjeldahl (AOAC, 1992), usando-se o fator 6,25 para conversão do nitrogênio em proteínas. As cinzas (resíduo mineral fixo) foram determinadas pelo método gravimétrico (incineração em mufla a 550°C) conforme IAL (1985) e a fibra pelo método da fibra detergente neutro (VAN SOEST e WINE, 1967), obtendo-se os glicídios totais por diferença.

2.3 COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS

As proteínas de amêndoas da bocaiúva foram extraídas com 150 mL de cloreto de sódio a 4%, durante 1h, de acordo com MACEDO e DAMICO (2000). Análises de aminoácidos executadas conforme HENRIKSON e MEREDITH (1984), utilizando analisador de aminoácido Pico-Tag (Waters system). Realizou-se a hidrólise protéica com HCl 6 M/fenol 1%, a 106°C por 24h, cujo hidrolisado reagiu com 20 µL de solução de derivatização recentemente preparada (metanol: trietilamina: água: fenilisotiocianato, 7:1:1:1, v/v) por 1h em temperatura ambiente. Após derivatização, os aminoácidos foram identificados em coluna HPLC de fase reversa, comparando-se os tempos de retenção dos aminoácidos da amostra com os dos padrões (Pierce). Resíduos de cisteína foram quantificados como ácido cistéico. Com os valores da composição em aminoácidos estimou-se o escore de aminoácidos essenciais (EAE), segundo HENLEY e KUSTER (1994), no qual $EAE (\%) = \frac{\text{aminoácido mais limitante na proteína teste}}{\text{mesmo aminoácido no padrão de referência FAO/WHO (1991)}} \times 100$.

2.4 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL

Para avaliação nutricional das proteínas foram elaborados três tipos de rações (dietas) que caracterizaram os três diferentes tratamentos aplicados: ração aprotéica (grupo aprotéico), ração-padrão/caseína (grupo controle) e ração-teste, contendo farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva (grupo teste).

Para elaboração das rações seguiu-se o procedimento do American Institute of Nutrition (REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1993) para ratos, efetuando-se modificações de acordo com a composição centesimal da farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva. As rações foram preparadas de maneira a conter aproximadamente 10% de proteína, 8% de lipídios, 11% de fibra (celulose), 10% de

sacarose, 1% de mistura vitamínica, 4% de mistura salina (mineral) e 0,1% de benzoato de sódio. Ajustou-se o teor de lipídios das rações formuladas, para 8% com óleo de soja.

Também ajustou-se o teor de fibra considerando a composição centesimal da farinha de amêndoa da bocaiúva. Na dieta aprotéica, livre de proteína, esse ingrediente foi substituído pelo amido de milho em quantidade suficiente para completar a composição (100%). A dieta livre de proteína foi usada para estimar a excreção de nitrogênio endógeno e metabólico dos ratos.

As quantidades relativas de ingredientes que compuseram as dietas estão apresentadas na Tabela 1.

Determinou-se a composição centesimal das dietas experimentais para verificar se os ingredientes encontravam-se nas quantidades previamente formuladas (teores de proteínas na Tabela 1).

No experimento conduzido no Biotério Central da UFMS, durante 29 dias, foram utilizados 24 ratos machos da linhagem Wistar, recém-desmamados, com 22 dias de idade e peso médio inicial de 38,96 g. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFMS.

No ensaio biológico, os animais foram individualmente colocados em gaiolas metabólicas numeradas e divididos em três grupos de oito animais por meio de sorteio a fim de que essa divisão representasse distribuição aleatória. Cada grupo de animais passou a ser alimentado (29 dias), com as diferentes dietas preparadas e água *ad libitum*. Os animais foram mantidos em ambiente limpo, com temperatura controlada (25°C), luminosidade adequada, alternando-se períodos de claro e escuro de 12 horas.

Realizou-se o controle do peso corporal dos animais e do consumo da ração, ao longo do experimento mediante pesagens dos animais, da ração oferecida e de sobras em dias alternados (DE LUCA, ALEXANDRE e MARQUES, 1996) para determinação da Razão de Eficiência Protéica (PER) (PELLET e YOUNG, 1980; NAS, 1963). O registro dos dados foi realizado até que os ratos atingissem 51 dias de idade.

A partir da segunda semana, além de se registrar o ganho de peso e o consumo de

dieta de cada animal, as fezes e urina foram coletadas para o cálculo do Balanço Nitrogenado (BN) e dos índices de utilização biológica da proteína. Usando-se as dietas (indicadas na Tabela 1) foram obtidos os parâmetros Digestibilidade Verdadeira (DV) e Valor Biológico (VB) (PELLET e YOUNG, 1980; NAS, 1963; SGARBIERI, 1987).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS UTILIZADAS NO ENSAIO BIOLÓGICO PROTÉICO DA AMÊNDOA DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.

Componentes (em gramas)	Dietas		
	Aprotéica	Caseína	Bocaiúva ¹
Caseína (82,6% de proteína)*	-	12,11	-
Farinha de bocaiúva ¹	-	-	26,35
Fibra** (celulose microfina)	11,16	11,16	11,16
Sacarose*	10,00	10,00	10,00
Mistura salina** (mineral)	4,00	4,00	4,00
Mistura vitamínica*	1,00	1,00	1,00
Óleo vegetal (óleo de soja)	8,00	8,00	7,68**
Amido de milho***	65,74	53,63	39,71
Benzoato de sódio	0,10	0,10	0,10
% de proteína	-	11,13	10,55

¹ Farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva.

*Conforme o American Institute of Nutrition (REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1993).

**Ajustada conforme a composição centesimal da farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva.

***Alterado em quantidade suficiente para completar a composição (100%).

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), com nível de significância de 5%, a fim de verificar diferença entre os dois grupos experimentais (grupo Controle e grupo Teste) (PIMENTEL-GOMES, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal aproximada da farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva, *A. aculeata* (Jacq.) Lodd (Tabela 2) evidenciou alto teor de proteína (37,95%) e de fibra (45,32%).

TABELA 2-COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA FARINHA DESENGORDURADA DA AMÊNDOA DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., EXPRESSA EM BASE ÚMIDA E SECA.

Componentes	Base Úmida (g/100 g)	Base Seca (g/100 g)
Proteína (N x 6,25)	37,95±0,47	41,34±0,52
Lipídios totais	1,23±0,03	1,34±0,03
Cinzas	4,78±0,02	5,20±0,03
Fibra total	45,32±1,97	49,37±2,05
Glicídios totais (diferença)	2,52	2,74
Umidade	8,20±0,06	-

Médias de 3 determinações ± desvio-padrão.

O padrão de proporcionalidade de aminoácidos e a digestibilidade são determinantes da qualidade protéica (FAO/WHO, 1991). A presença de um ou mais aminoácidos essenciais em concentrações adequadas melhora o valor protéico da dieta (CARIAS, CIOCCIA e HEVIA, 1995; NAS, 1963). Comparou-se composição em aminoácidos da amostra estudada (Tabela 3) ao padrão de referência para aminoácidos essenciais, recomendado pela FAO/WHO (1991) para crianças de 2 a 5 anos de idade. Os resultados mostraram que a proteína da amêndoa da bocaiúva é deficiente em treonina, histidina e leucina. A treonina (escore químico de 41,8%) revelou-se o aminoácido mais limitante na amostra para crianças de 2 a 5 anos de idade. A amêndoa mostrou-se potencialmente, boa fonte de valina, metionina + cisteína, isoleucina, fenilalanina+tirosina e lisina para crianças de 2 a 5 anos de idade, cujos teores foram mais altos do que os valores recomendados para ingestão pela FAO.

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DA AMÊNDOA DE BOCAIÚVA,
Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.

Aminoácidos (mg/g de proteína)	Bocaiúva	FAO ¹
Ácido aspártico	66,4	
Ácido glutâmico	156,4	
Serina	60,8	
Glicina	74,7	
Histidina	12,3	19
Arginina	134,6	
Treonina	14,2*	34
Alanina	77,8	
Prolina	72,4	
Tirosina	23,9	
Valina	68,9	35
Metionina + Cisteína	25,2	25
Isoleucina	34,2	28
Leucina	63,5	66
Fenilalanina + tirosina	65,4	63
Lisina	73,1	58
Triptofano	ND	11
EAE (%)	41,8 (Thr)	

ND = Não-determinado; ¹ Padrão teórico da FAO/WHO (1991) (aminoácidos indispensáveis para crianças de 2 a 5 anos de idade); * Aminoácido mais limitante; Médias de duas repetições; EAE= Escore de aminoácidos essenciais.

Na Tabela 4 encontram-se os dados relacionados ao ganho de peso, consumo de proteína e de nitrogênio e os valores médios da Razão de Eficiência Protéica (PER) dos animais. Já a Figura 1 apresenta as curvas de crescimento dos ratos

submetidos às dietas experimentais.

O ganho de peso do grupo que recebeu a ração-caseína mostrou-se maior que o grupo que recebeu a ração-teste, com diferença significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Os primeiros cinco dias de experimento, em média, são considerados de adaptação à dieta (NAS, 1963; SGARBIERI, 1987). Tal fato pode explicar a semelhança do comportamento da curva de crescimento dos três tratamentos no início do ensaio. Após esse período, o grupo controle caracterizou-se pelo ganho de peso mais elevado que os demais grupos. Deve-se destacar que o grupo aprotéico apresentou perda de peso. Ao relacionar o ganho de peso dos animais à quantidade de proteína consumida durante os 29 dias de experimento foram obtidos valores de PER bem próximos.

TABELA 4 - GANHO DE PESO, CONSUMO DE PROTEÍNA, NITROGÊNIO INGERIDO E RAZÃO DE EFICIÊNCIA PROTÉICA (PER) EM RATOS SUBMETIDOS À DIETA CONTENDO CASEÍNA (CONTROLE) E AMÊNDOA DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. (TESTE) DURANTE 29 DIAS

Dieta	Ganho de peso (g)	Consumo de proteína (g)	Nitrogênio ingerido (g)	PER
Caseína	55,46* ± 7,61	27,33 ± 2,93	4,28 ± 0,08	2,03 ^{NS} ± 0,14
Bocaiúva	42,79* ± 3,53	18,37 ± 1,75	2,94 ± 0,36	2,34 ^{NS} ± 0,25

Valores médios ± desvio padrão

NS= Não-significativo.

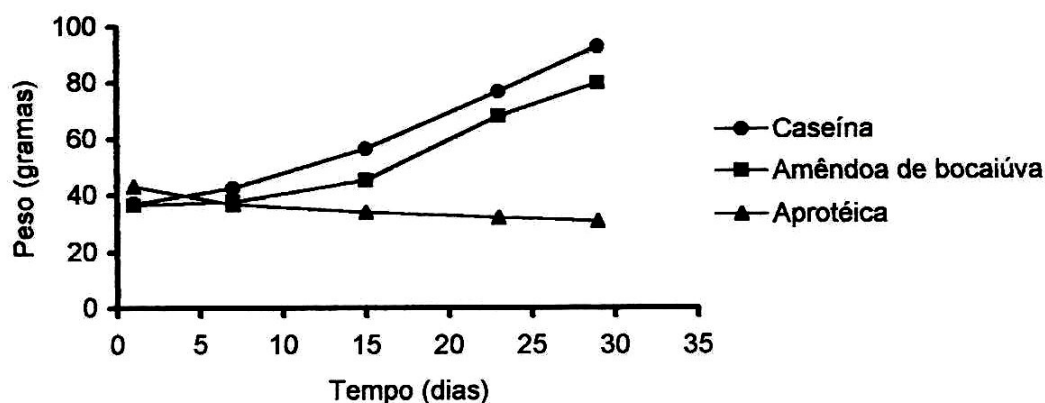
* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

TOGASHI e SGARBIERI (1995) estudaram a proteína de sementes de baru (*Dypterix alata* Vog) e observaram grande diferença de PER entre a proteína da dieta com caseína (controle) e a com baru. Atribuíram o fato à deficiência acentuada de aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) nas sementes estudadas.

O balanço nitrogenado encontrado para cada grupo foi positivo, o que é típico de animais em crescimento (o anabolismo é mais intenso do que o catabolismo). Assim, o nitrogênio ingerido foi superior à soma do nitrogênio excretado pelas vias fecal e urinária evidenciando retenção de nitrogênio (significativamente maior para o grupo controle).

Pelo balanço de nitrogênio (Tabela 5), são obtidos dados sobre o valor nutricional das proteínas, calculando-se os índices de Digestibilidade (D) e Valor Biológico (VB) (NAS, 1963; SGARBIERI, 1987).

FIGURA 1 - VARIAÇÃO DE PESOS DOS RATOS ALIMENTADOS DURANTE 29 DIAS COM DIETA APROTÉICA, DIETA COM AMÊNDOA DE BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. E DIETA CONTENDO CASEÍNA.



A digestibilidade, determinante da qualidade protéica da dieta, mede a porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas na forma de aminoácidos, ou de qualquer outro composto nitrogenado pelo organismo. Proteínas, cujas ligações peptídicas não são hidrolisadas pelo processo digestivo são excretadas nas fezes ou sofrem transformações no intestino grosso (MACEDO e DAMICO, 2000; SGARBIERI, 1987; MAGA, LORENZ e ONAUEMI, 1973).

A maioria das proteínas de origem animal apresenta boa digestibilidade, o que significa eficaz absorção de aminoácidos. As de origem vegetal geralmente são inferiores em razão de formar estruturas mais organizadas e resistentes ao ataque enzimático (CARIAS, CIOCCIA e HEVIA, 1995; MAGA, LORENZ e ONAUEMI, 1973). A digestibilidade encontrada para a caseína neste ensaio está de acordo com SGARBIERI (1987) que observou 96% de digestibilidade para essa proteína. No presente estudo, o valor da digestibilidade da proteína da dieta contendo farinha da amêndoa de bocaiúva (83,51%) diferiu significativamente ($p < 0,05$) do valor da dieta com caseína (95,48%).

TABELA 5 - NITROGÊNIO FECAL E URINÁRIO, BALANÇO NITROGENADO (BN), DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA (DV) E VALOR BIOLÓGICO (VB) DA PROTEÍNA DE AMÊNDOA DA BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., EM COMPARAÇÃO COM A CASEÍNA PADRÃO

Dieta	Nitrogênio (g)		BN	DV (%)	VB (%)
	Fecal	Urinário			
Caseína	0,27 ± 0,04	0,81 ± 0,04	3,34* ± 0,07	95,48* ± 0,98	81,69 ^{NS} ± 1,27
Bocaiúva	0,56 ± 0,05	0,52 ± 0,07	1,99* ± 0,36	83,51* ± 3,19	81,10 ^{NS} ± 3,25

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

NS= Não significativo.

Valores são médias ± desvio-padrão.

Estudos da FAO/WHO (1991) e da FAO/OMS/UNU (1985), evidenciaram vários fatores que contribuem para a menor digestibilidade das proteínas de alimentos vegetais em relação às proteínas animais. A presença de fatores dietéticos (compostos fenólicos, componentes da fibra alimentar, pigmentos, inibidores de enzimas e outros) modificam a digestão e as reações químicas que alteram a liberação de aminoácidos e de proteínas por processos enzimáticos. Em relação às amêndoas de bocaiúva, dados deveriam ser obtidos no sentido de mostrar que suas frações protéicas contêm ou não inibidores de proteases e lectinas que poderiam estar interferindo à digestibilidade dessas sementes.

A presença de fibra, notavelmente polissacarídeos estruturais de paredes celulares, e suas interações com proteínas podem reduzir a acessibilidade da proteína à proteólise, causando redução de digestibilidade (GALLAND-IRMOULI *et al.* 1999; MELITO e TOVAR, 1995). Sabe-se que a fibra pode interferir na absorção de alguns minerais, dificultando o crescimento de animais de experimento (BEDNAR *et al.* 2001). A influência de fibras na digestibilidade protéica da amêndoa de bocaiúva deveria ser investigada.

O valor biológico da proteína teste (farinha da amêndoa de bocaiúva) mostrou-se estatisticamente igual ao da caseína ($p > 0,05$). Provavelmente, os aminoácidos limitantes da proteína da amêndoa de bocaiúva não interferiram no aproveitamento global da proteína quanto à proporção de nitrogênio (proteína) retida pelo organismo do total absorvido.

A avaliação nutricional da amêndoa da bocaiúva evidenciou valores significativamente mais baixos para ganho de peso (GP), consumo de proteína (CP), balanço nitrogenado (BN) e digestibilidade (D), em relação à ração controle (caseína) para ratos. Os resultados de digestibilidade e o valor biológico foram similares aos obtidos por TOGASHI e SGARBIERI (1995) que observaram D menor nas dietas contendo proteína de origem vegetal.

O uso da farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva em formulações destinadas à alimentação humana (como alternativa para obter proteínas nutricionalmente de boa qualidade) exige a inclusão de outros alimentos que supram suas deficiências. Sugere-se também a alteração na sua forma de preparo para consumo (como cozimento ou tostagem) para melhorar a digestibilidade.

4 CONCLUSÃO

A farinha desengordurada da amêndoa de bocaiúva, apresentando alto teor de proteína e fibra, mostrou deficiência protéica quanto aos aminoácidos essenciais treonina, histidina e leucina.

A proteína da amêndoa de bocaiúva evidenciou menor capacidade de promover crescimento e digestibilidade que a caseína. E o valor biológico protéico da amêndoa teste foi semelhante ao valor encontrado para a caseína padrão.

Sugere-se a investigação da influência de inibidores de proteases, taninos, fitatos e fibras na digestibilidade da proteína dessa amêndoa.

Pode-se utilizar amêndoa de bocaiúva como fonte alternativa de proteína, especialmente no preparo da merenda escolar e para atender populações sem acesso às proteínas de origem animal. Entretanto, deve-se pesquisar diferentes formas de preparo da matéria-prima que possam influenciar na biodisponibilidade dos seus aminoácidos, e suplementos para suprir suas deficiências.

Abstract

NUTRITIONAL EVALUATION OF PROTEINS FROM KERNELS OF BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., IN GROWING WISTAR RATS

The purpose of this investigation was to evaluate in nutritional terms the protein from kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., by determining the Nitrogen Balance (NB), Protein Efficiency Ratio (PER), True Digestibility (TD), and Biological Value (BV), and the amino acid composition. The assay was conducted with 24 Wistar male rats fed on the diets containing casein (control), defatted bocaiúva kernel flour (test) and a proteic according to the protocol of the American Institute of Nutrition. Test flour and casein formulations were prepared to be isoprotein diets. For 29 days, the amounts of ingested experimental diets and body weight gains were recorded and analyses were made to determine urinary and metabolic nitrogen. The defatted kernel flour of bocaiúva presented high content of protein (38.0%) and fiber (45.3%). Rats treated with the test diet as compared with those fed on diet containing casein showed significantly ($p < 0.05$) lower indexes for nitrogen balance (2.0), body weight gain (42.8g), and protein digestibility (83.5%) (for casein group, the values were respectively of 3.3; 55.5g and 95.5%). The amino acid profile revealed that although the studied sample showed threonine as the most limiting amino acid, relative to the FAO-WHO requirement patterns, it had high contents of valine, isoleucine, phenylalanine + tyrosine, methionine + cysteine and lysine. Despite its high biological value, the kernel protein of bocaiúva (81.1%) had lower nutritional quality than the casein standard—a feature that is not detrimental to its potential use as supplementary feeding, especially if improved with suitable forms of preparation that can promote its digestibility.

KEY-WORDS: *PROTEIN QUALITY; KERNEL; BIOLOGICAL ASSAY; BOCAIÚVA;*

Acrocomia aculeata.

REFERÊNCIAS

- 1 ALMEIDA, S.P. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188 p.
- 2 ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa - CPAC; 1998. 464 p.
- 3 AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 12th ed. Washington, 1992. 1115 p.
- 4 BEDNAR, G.E.; PLATIL, A.R.; MURRAY, S.M.; GRIESHOP, C.M.; MERCHEN, N.R.; FAHEY, G.C. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability *in vitro* in a canine model. **Journal of Nutrition**, v.131, n.2, p. 276-286, 2001.
- 5 BRANDÃO, T.C.C.; BRANDÃO, R.F. **Alimentação alternativa**. Brasília: INAN/Ministério da Saúde, 1996. 95 p.
- 6 CARIAS, D.; CIOCCIA, A.M.; HEVIA, P. Grado de concordancia entre la digestibilidad de proteínas animales y vegetales medidas *in vivo* e *in vitro* y su efecto sobre el cómputo químico. **Arch. Latinoam. Nutrición.**, v. 45, n. 2, p. 111-116, 1995.
- 7 DE LUCA, R.R.; ALEXANDRE, S.R.; MARQUES, T. **Manual para técnicos em bioterismo**. São Paulo: Winner Graph, 1996. 259 p.
- 8 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. INFORME DE UNA REUNIÓN CONSULTIVA CONJUNTA FAO/OMS/UNU DE EXPERTOS. **Necesidades de energia y de proteínas**. Ginebra: OMS, 1985. 220 p.
- 9 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of protein quality**. Report of the Joint

- FAO/WHO expert consultation on protein quality evaluation. Rome: FAO, Food Nutrition, 1991.
- 10 GALLAND-IRMOULI, A.V.; FLEURENCE, J.; LAMGHARY, R.; LUCON, M.; ROUXEL, C.; BARBAROUX, O.; BRONOWICKI, J.P.; VILLAUME, C.; GUÉANT, J.L. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). **Journal Nutrition Biochemistry**, v.10, p. 353-359, 1999.
 - 11 HENLEY, E.C.; KUSTER, J.M. Protein quality evaluation by protein digestibility – corrected amino acid scoring. **Food Technology**, v. 48, n.4, p. 74-77, 1994.
 - 12 HENRIKSON, R.L.; MEREDITH, S.C. Amino acid analysis by reverse phase high performance liquid chromatography: precolumn derivatization with phenylisothiocyanate. **Analytical Biochemistry**, v.136, p. 65-71, 1984.
 - 13 HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M.R.; PEREIRA, J.G. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos de alguns frutos nativos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do CEPPA**, v.10, n.1, p. 35-42, 1992.
 - 14 IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3^a ed. São Paulo, 1985. v.1. 533 p.
 - 15 MACEDO, M.L.R.; DAMICO, D.C.S. Effects of protein fractions from *Zea mays* L. on development and survival of mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **Insect Sci. Applic.**, v.20, p. 135-139, 2000.
 - 16 MADRUGA, M.S.; SANTOS, H.B.; BION, F.M.; ANTUNES, N.L.M. Avaliação nutricional de uma dieta suplementada com multimistura: estudo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p. 129-133, 2004.
 - 17 MAGA, J.A.; LORENZ, K.; ONAUEMI, O. Digestive acceptability of proteins as measured by the initial rate of *in vitro* proteolysis. **Journal Food Science**, v.38, p. 173-174, 1973.
 - 18 MATUDA, T.G.; MARIA NETTO, F. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 353-357, 2005.

- 19 MELITO, C.; TOVAR, J. Cell walls limit *in vitro* protein digestibility in processed legume seed. **Food Chemistry**, v.53, p. 305-307, 1995.
- 20 NAS. National Academy of Science. National Research Council. **Evaluation of protein quality**. Washington, 1963. 74 p.
- 21 NIELSEN, S.S. Digestibility of legume protein. **Food Technology**, v.45, n.6, p. 112-114, 1991.
- 22 PELLET, P.L.; YOUNG, V.R. **Nutritional evaluation of protein food**. Tokyo: The United University, 1980. 136 p.
- 23 PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Nobel. 2000. 477 p.
- 24 REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G.C. AIN-3 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition *ad hoc* writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal Nutrition**, v.123, n.10, p.1939-1952, 1993.
- 25 SGARBIERI, V.C. Métodos de avaliação da qualidade nutricional dos alimentos. In: SGARBIERI, V.C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Almed, 1987. p.250-261.
- 26 SILVA, J.A.; SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: EMBRAPA-CPAC. EMBRAPA-SPI, 1994. 166 p.
- 27 SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetro de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p. 120-128, 2004.
- 28 TOGASHI, M.; SGARBIERI, V.C. Avaliação nutricional da proteína e do óleo do baru (*Dypterix alata* Vog). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.15, n. 1, p. 66-69, 1995.
- 29 VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. IV. Determination of plant wall constituents. **Journal of AOAC**, v.50, n.1, p. 50-55, 1967.

- 30 VIEIRA, R.L.; BION, F.M. Valor biológico de dieta a base de soja (*Glycine hispida*) e algaroba (*Prosopis juliflora*). **Boletim do CEPPA**, v.16, n.1, p. 58-98, 1998.

CAPÍTULO 3

CHEMICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION OF KERNELS OF BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.

Artigo aceito para publicação na **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**
(ISSN 0101-2061)

CHEMICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION OF KERNELS OF BOCAIÚVA,

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.

(Título abreviado: **Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiúva**)

Priscila A. HIANE¹, Sérgio MARANGONI², Maria Lígia R. MACEDO^{3,*}

SUMMARY

Protein characterization and results of proximate and mineral analyses of fruit kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., are reported. The kernels presented high contents of oil (51.7%), protein (17.6%) and fiber (15.8%). The seed soluble proteins were fractionated according to their solubility. Most of them were globulins (53.5%) and glutelins (40.0%), and the presence of low molecular mass proteases in these two fractions was revealed by the SDS-PAGE method. The assays of protease-inhibitory and hemagglutinating activities showed that neither protein fraction exhibited trypsin or chymotrypsin inhibitory activities, and that both had very low lectin content. The *in vitro* digestibility assay of the globulins resembled that of a casein standard. Neither globulin nor glutelin enzymatic hydrolyses increased significantly ($p < 0.05$) after heat treatment. Threonine and lysine are the most limiting amino acid, respectively of the two major protein fractions of bocaiúva kernel, the globulin (amino acid score of the 47.1%) and glutelin (amino acid score of the 49.5%), in terms of the theoretical profiles for children in the age range of 2 to 5 years suggested by FAO/WHO. Bocaiúva kernels are found to be rich in calcium, phosphorus and manganese in comparison with some fruit nuts as cashew and coconut.

Keywords: kernel; *Acrocomia aculeata*; globulin; glutelin; chemical analysis; digestibility.

RESUMO

AVALIAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DE AMÊNDOAS DA BOCAIÚVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Caracterização de proteínas e análises da composição centesimal e teores de minerais foram realizadas nas amêndoas da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. As amêndoas apresentaram alto teor de lipídio (51,7%), proteína (17,6%) e fibra (15,8%). Proteínas solúveis das sementes foram fracionadas de acordo com a sua solubilidade. As principais proteínas separadas foram as globulinas (53,5%) e glutelinas (40,0%), e a presença de proteases de baixo peso molecular nessas duas frações foi revelada por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). Ensaio da atividade inibitória de proteases e da hemaglutinação mostraram que as frações protéicas da bocaiúva não foram resistentes à ação da tripsina e quimotripsina e apresentaram baixo teor de lectina. A digestibilidade *in vitro* da globulina foi semelhante à da caseína padrão. Hidrólises enzimáticas da globulina e glutelina não aumentaram significativamente ($p < 0,05$), com o aquecimento. Treonina e lisina são os aminoácidos mais limitantes, respectivamente das duas principais frações de proteínas da amêndoa da bocaiúva, a globulina (escore de aminoácido de 47,1%) e glutelina (escore de aminoácido de 49,5%), relativamente ao padrão teórico para crianças de 2 a 5 anos de idade, recomendado pela FAO/WHO. Amêndoas de bocaiúva mostraram ser ricas em cálcio, fósforo e manganês, em comparação com algumas amêndoas de frutos como caju e côco.

Palavras-chave: amêndoa; *Acrocomia aculeata*; globulina; glutelina; análise química; digestibilidade.

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública, CCBS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Caixa Postal 546, 79070-900, Campo Grande, MS.

² Departamento de Bioquímica, IB, Universidade de Campinas, 6121, Campinas, SP.

³ Laboratório de Purificação de Proteínas e suas Funções Biológicas, Departamento de Ciências Naturais, UFMS, Avenida Olinto Mancini, 1662, Colinos, 79603-021, Três Lagoas, MS. E-mail: bioplant@terra.com.br

* A quem a correspondência deve ser enviada.

1 - INTRODUCTION

Bocaiúva is the popular name, in southwestern Brazil, of the palmtree *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., Palmae, and its fruit. The species is native to the state of Mato Grosso do Sul, where it is particularly abundant. Other species of the genus also occur not only in the state, but also southeastern Brazil and in Central America. In Brazil, *Acrocomia* species are known by a number of common names, which include 'macaúba', 'coco catarro', 'macabira', 'mocajuba' and 'macaíba'. Kernels of the bocaiúva fruit can be eaten raw or in the form of candies such as 'paçoca' (replacing peanuts, the traditional main ingredient) and 'cocada' (replacing coconut) [2].

The *cerrado* region in Brazil is home to numerous fruit species, some of them with a potential in the market for fruit pulps and nuts, as is the case with piqui, baru and jatobá-do cerrado. Studies have been conducted with the purpose of supplying information that can promote the commercial exploration of such species and their larger use by the local populations as supplementary sources of essential nutrients [14, 21, 27].

Bocaiúva kernels have a high protein content [3, 14] ,but data on their amino acid profile and antinutritional and/or toxic properties are not available.

Proteins that occur in foods can be classified according to qualitative criteria, based on their amino acid profiles and proportions and on their bioavailability and susceptibility to hydrolysis during digestion. Protein nutritional value is a function of the quality of its amino acids [11]. Of the sources of plant protein, grains provide protein of high biological value, though deficient in some of the essential amino acids [30].

The protein total fraction of seeds is a complex mixture of globulins (40-60%), albumins (8-20%), prolamins and glutelins, of which the first two constitute the main components, globulins account for 50-70% of the total protein content. The proportions, however, differ among species, varieties and/or cultivars [7]. The literature reports that seed protein characterization and evaluation are central aspects in both basic and applied studies in the areas of nutrition and biotechnology [20, 33].

Storage proteins, such as lectins, ureases and proteolytic enzyme inhibitors, account for 5% or more of the total protein present in seeds, reserve organs and other plant parts [7].

Some seed proteins, such as lectins, proteinase inhibitors and vicilins, have been extensively studied in Leguminosae (beans, soybeans, peanuts) and cereals (wheat, rye, barley). In plants, those proteins are associated to defense mechanism and have bactericide, fungicide and insecticide properties [10, 19]. In human and animal diets, they are considered to play an antinutritional and/or toxic role, as they can inhibit growth in experimental animals, in addition to decreasing protein digestibility and causing pancreatic hypertrophy and hyperplasia [18]. The evaluation of protein fractions in foodstuffs can thus have a direct influence on the acceptability and use of food items, as it can reveal characteristics that are related to their quality and safety in the context of Public Health and Nutrition [30].

In the present investigation, protein fractions of bocaiúva kernels were evaluated with an emphasis in their nutritional potential, by carrying out chemical analyses for proximal composition, amino acid composition, mineral content, activity as enzyme inhibitors and protein fractionation and digestibility.

2 - MATERIAL AND METHODS

2.1 - MATERIAL

Mature fruits of bocaiúva, *A. aculeata* (Jacq.) Lodd., were collected from the *campus* of Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) at Campo Grande, MS, Brazil, from December 2002 to March 2004 — though not from February to April, months that are not part of the harvesting season.

The kernels were removed from the seeds, triturated in a Turratec crusher and sifted to 60-mesh size particles, thus yielding the whole base flour. Part of the flour was defatted with petroleum ether p.a. (b.p. 30-60°C) for protein evaluation (fractionation, composition and digestibility).

2.2- METHODS

2.2.1 - Proximate analysis of kernels

For the proximate analysis, the moisture content was determined by drying samples in a stove at 105 °C, according to the method described in the analytical norms of INSTITUTO ADOLFO LUTZ [16]. Total protein was determined by total nitrogen content (%), according to the method of Kjeldahl described in AOAC [4], adopting a nitrogen conversion factor of 5.75, and also by applying a procedure developed by BRADFORD [6], which uses bovine serum albumin (BSA) as the protein standard. Crude lipid (ether extract) and ash (fixed mineral residue) contents were analyzed according to AOAC [4]. Dietary fiber was determined by the method of the neutral detergent fiber [32]. Reducing and nonreducing sugar content was

determined by the reduction method, according to the procedure described in the analytical norms of INSTITUTO ADOLFO LUTZ [16].

2.2.2 - Fractionation of meal proteins

The seed protein fractions used in the present study — namely albumins, globulins, prolamins, glutelins and residue — were prepared according to a sequential extraction procedure with NaCl, ethanol and NaOH [19]. Fifteen-gram portions of kernel flour were extracted with 150 mL of 4% NaCl for 1 h. The slurry was centrifuged at 17000 x *g* for 30 min at 4 °C and the supernatant was then dialyzed against distilled water for albumin and globulin separation. The residue of the salt extraction was suspended in 70% ethanol for 1 h and again centrifuged as described above to obtain prolamins. The alcohol-insoluble pellet was suspended in 0.1M NaOH and extracted for 1 h. Glutelins were then obtained by centrifugation as described above. All the fractions plus the final insoluble residue were recovered by dialysis and freeze-drying.

2.2.3 - Molecular mass estimation

SDS-PAGE was performed according to LAEMMLI [17]. The molar mass of the proteins was calculated by comparison with protein molar mass markers (phosphorylase b, 94 kDa; bovine serum albumin, 67 kDa; egg albumin, 43 kDa; carbonic anhydrase, 30 kDa; trypsin inhibitor, 20.1 kDa; lysozyme, 14.4 kDa).

2.2.4 - Amino acid composition

Amino acid analysis was performed on a PicoTag amino acid analyzer (Waters) as described by HENRIKSON & MEREDITH [12]. One nanomole of protein fraction was hydrolyzed in 6 M HCl/1% phenol at 106 °C for 24h. The hydrolysate was reacted with 20 µL of fresh derivatization solution (methanol : triethylamine : water : phenylisothiocyanate, 7:1:1:1, v/v) for 1 h at room temperature. After derivatization, phenylisothiocyanate (PTC) amino acids were identified on a reverse-phase HPLC-

column by comparing their retention times to those of standard PTC amino acids (Pierce). Cysteine residues were quantified as cysteic acid. Basing on amino acid composition was estimated the essential amino acid score according to HENLEY & KUSTER [11], where $\text{score}(\%) = \frac{\text{The most limiting amino acid of the test protein}}{\text{The same most limiting amino acid in the reference pattern}} \times 100$.

2.2.5 - Inhibitory activity assay

Bovine pancreatic trypsin and bovine pancreatic chymotrypsin were used for the enzymatic assays. Trypsin-like activities were assayed using *N*α-benzoyl-DL-arginine *p*-nitroanilide (BApNA) as substrate. Chymotrypsin-like activities were assayed using *N*-benzoyl-L-tyrosine *p*-nitroanilide (BTpNA) as substrate [20]. In a standard assay, a reaction mixture contained 50 μL of each enzyme extract, reaction buffer (0.1-M Tris-HCl buffer, pH 8.0) and 50 μL of 1-mM substrate to a final volume of 500 μL. The reaction was stopped by adding 200 μL of 30% acetic acid. The release of *p*-nitroaniline groups was measured spectrophotometrically at 410 nm.

The protease inhibitor was assayed by preincubating 50 μL of each fraction at concentrations ranging from 25 to 200 μg with 50 μL of protease and 350 μL of reaction buffer at 37 °C for 15 min. The reaction was started by addition of the substrate and was performed as described above. The remaining activity was expressed as the percentage of the enzymatic activity in the absence of inhibitor.

2.2.6 - Hemagglutination assay

Hemagglutination assays were done in microtiter U-plates using serial dilutions with 50-μL volumes of 0.15-M NaCl. A 50-μL volume of a 2% suspension of type A human erythrocytes was added and, after 1 h at room temperature, the results were read. The hemagglutination titer, defined as the reciprocal of the highest dilution showing hemagglutination, was defined as one hemagglutination unit [10].

2.2.7 - *In vitro* protein digestibility

This assay was carried out according to OSHODI et al. [24]. A 31.25 mg sample of protein, either globulin or glutelin, was dissolved in 5 mL of distilled water and the pH was adjusted to 8.0 with 0.1N NaOH while stirring at 37 °C. A multienzyme solution consisting of 1.6 mg of trypsin, 3.1 mg of chymotrypsin and 1.3 mg of peptidase per mL was maintained in an ice bath and adjusted to pH 8.0 as described above. A 0.5 mL aliquot of the multienzyme solution was added to the protein sample solution under constant stirring at 37 °C. The pH of the solution was recorded 10 min after the addition of the enzyme solution. The *in vitro* digestibility was calculated using the equation of HSU et al. [15].

$$Y = 210.46 - 18.1X$$

where *Y* is the *in vitro* digestibility (%) and *X* is the pH of the sample suspension after 10-min digestion with the multienzyme solution. A casein standard from Sigma was also analyzed as reference for *in vitro* digestibility.

The relative molecular masses of the digestion products were estimated by SDS-PAGE using protein markers of known molecular mass.

2.2.8 - Mineral analysis

The analysis was conducted according to the methodology described by SALINAS & GARCIA [28], involving organic digestion with acids. An atomic absorption spectrophotometer with acetylene (Perkin-Elmer 2380) was used to determine calcium, magnesium, iron, manganese, zinc and copper contents, with wavelengths and slits of, respectively, 422.7 nm and 0.7 mm; 285.2 nm and 0.7 mm; 248.3 nm and 0.2 mm; 279.5 nm and 0.2 mm; 213.9 nm and 0.7 mm; and 324.7 nm and 0.7 mm. A flame photometer (Micronal B262) was used for the determination of sodium (589 nm) and potassium (768 nm). A visible light spectrophotometer (Femto 482) was used for phosphorus (420 nm).

2.2.9 - Statistical analysis

The results were expressed as means \pm standard deviation, where applicable. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) (general linear models, or GLM, procedure). Whenever a difference was found between treatments, Student's *t*-test was used to determine the level of significance ($p < 0.05$) [26].

3 - RESULTS

3.1 - Proximate analysis

Table 1 shows the results of the proximate analysis of kernels. The kernels were found to have a high protein content (17.6%), as compared with some *cerrado* fruits and with other palmtree species [3, 21]. Also, they exhibited a quite high lipid content (51.7%). Such protein and lipid values are significant, as they constitute, respectively, 12.5% and 82.9% of the total energy, revealing that bocaiúva kernels are a good energy source. The kernels also have a high fiber content (15.84%).

TABLE 1. Proximate composition of kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., expressed as g/100 g of integral matter.

Component	Results*
Moisture	6.50 \pm 0.06
Ash	1.99 \pm 0.02
Crude lipid (ether extract)	51.71 \pm 2.90
Reducing sugars, in glucose	1.55 \pm 0.12
Nonreducing sugars, in sucrose	ND
Nonreducing sugars, in starch	4.84 \pm 0.25
Protein (Kjeldahl-N** x 5.75)	17.57 \pm 0.57
Total dietary fiber	17.23 \pm 0.49-
Total calorie content (kcal/100 g)	561.24 \pm 26.04

ND = not detected

*Mean values \pm standard deviation of two triplicate determinations

** Nitrogen by the Kjeldahl method

3.2 - Fractionation of kernel proteins

The protein content of the defatted kernel flour, as determined by Bradford's method, was 32.5%. The soluble proteins were fractionated according to their solubility. Most of these proteins were present in the globulin (salt soluble) (53.5%) and glutelin (alkali soluble) (40.0%) fractions (*Table 2*). The extraction with organic solvent revealed the seeds to be almost devoid of prolamins (1.1%).

TABLE 2. Proteins in kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., fractionated according to solubility.

Protein fraction	Protein (%) [*]
Globulin	53.5
Glutelin	40.0
Albumin	5.4
Prolamin	1.1

Protein content of the defatted kernel flour, as determined by Bradford's method, was 32.5%. Protein recovery was 64.8%.

3.3 - Molecular mass estimation

As revealed by SDS-PAGE (*Figure 1*), the globulin fraction displayed three protein bands, one of them above 100 kDa, one of 66 kDa and one of 60 kDa, all of which were absent from the glutelin fraction. However, other protein bands with the same profile were seen in both protein fractions. Lanes 3, 4 and 5 in *Figure 1* also show that the globulin and glutelin fractions were digested by multienzymes. The glutelin fraction was less susceptible to digestion by enzymes than its globulin counterpart. Both fractions displayed a protein band (14 kDa) that was not digested by enzyme complexes. This polypeptide was particularly resistant to attack by digestive enzymes. Protein bands above 22 kDa were more easily digested. Samples of lanes 3 and 4 did not undergo denaturation.

3.4- Amino acid composition

The amino acid profiles of the kernel protein fractions are shown in *Table 3* along with the proposed FAO/WHO [8] amino acid requirement pattern for the pre-school age group (2-5 year old). Results show that bocaiúva protein fractions are potentially good sources of some essential amino acids, as they are rich in methionine+cysteine, valine and leucine. According to FAO requirement pattern, globulin, prolamin and albumin fractions of bocaiúva kernel presented the threonine as first limiting amino acid, showing to be deficient also in histidine, phenylalanine+tyrosine and lysine contents; and on the glutelin fraction, lysine was found to be the most limiting amino acid, followed by histidine and phenylalanine+tyrosine.

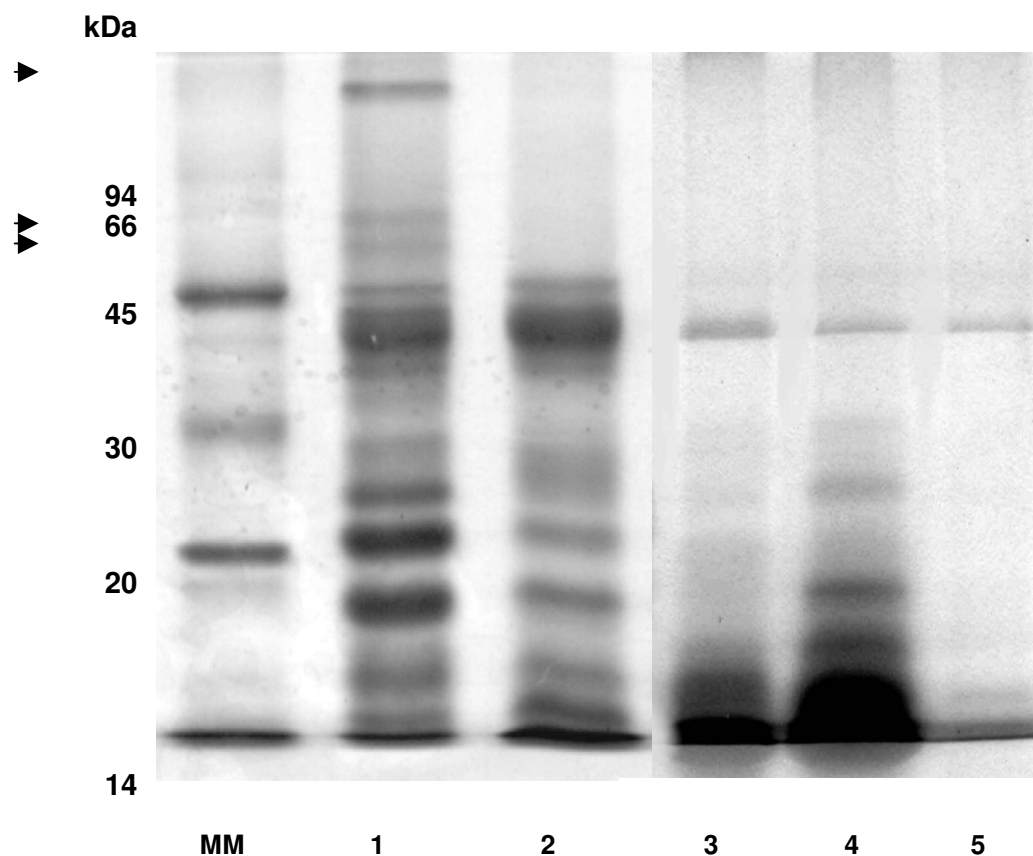


Figure 1. SDS-PAGE of globulins and glutelins in kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Lane MM, molecular mass markers; lane 1, globulin; lane 2, glutelin; lane 3, globulin digested with multienzyme solution; lane 4, glutelin digested with multienzyme solution; lane 5, multienzyme solution.

3.5 - Protease-inhibitory and hemagglutinating activities

The protease-inhibitory activity of the kernel proteins is summarized in *Table 4*. Neither globulins nor glutelins exhibited trypsin or chymotrypsin inhibitory activities. The kernel extracts agglutinated human erythrocytes at very high titers.

TABLE 3. Amino acid composition of protein fractions of kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., expressed as g/100g protein.

Amino acid	Bocaiúva proteins				FAO ¹
	Globulin	Glutelin	Prolamin	Albumin	
Aspartic acid	6.25	8.70	6.87	7.27	
Glutamic acid	20.43	15.65	22.85	21.83	
Serine	5.24	6.09	4.27	4.23	
Glycine	8.55	8.66	10.32	8.68	
Histidine	1.34	1.57	0.87	1.14	1.9
Arginine	13.37	11.74	10.09	11.45	
Threonine	1.60	3.63	1.40	1.69	3.4
Alanine	6.63	6.95	8.53	6.82	
Proline	4.71	4.60	6.26	6.04	
Valine	6.24	6.87	5.13	5.70	3.5
Methionine+Cysteine	3.15	3.87	3.63	4.20	2.5
Isoleucine	3.38	4.13	2.56	2.91	2.8
Leucine	7.19	6.92	6.80	7.09	6.6
Phenylalanine+Tyrosine	6.21	5.72	5.21	5.08	6.3
Lysine	5.72	2.87	5.19	5.75	5.8
Essential amino acid score (%)	47.1	49.5	41.2	49.7	
Limiting amino acid	Thr	Lys	Thr	Thr	

Note: Tryptophan, asparagine and glutamine were not determined.

¹ FAO/WHO requirement pattern (1991) for the pre-school age group (2-5 year old); Values found for bocaiúva kernel are the average of two repetitions.

3.6 - *In vitro* protein digestibility

The digestion of native and heated globulins and glutelins by a multienzyme solution consisting of trypsin, chymotrypsin and peptidase was compared with that of a casein standard (*Figure 2*). The mean values for *in vitro* protein digestibility of

kernel globulins and glutelins and of casein, for boiled and nonboiled samples, were respectively 78% and 82% for globulins, 69% and 72% for glutelins and 80% and 84% for casein. Heat treatment did not significantly increase the enzymatic hydrolysis of the globulins and glutelins investigated. *In vitro* digestibility of native and heated kernel globulins was similar to that of casein. Under boiling and nonboiling conditions, the casein standard and the bocaiúva kernel globulins were more easily digested with the proteases investigated than were the glutelins.

TABLE 4. Protease-inhibitory and hemagglutinating activity of kernel proteins of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.

Proteins	Hemagglutinating activity	Proteases	
	(titer)*	Trypsin	Chymotrypsin
Globulin	2	ND	ND
Glutelin	3	ND	ND

* Titer is defined as the reciprocal of the endpoint dilution that caused detectable agglutination of erythrocytes. The amount of proteins used in the assays was 500 µg/mL. ND: not detected.

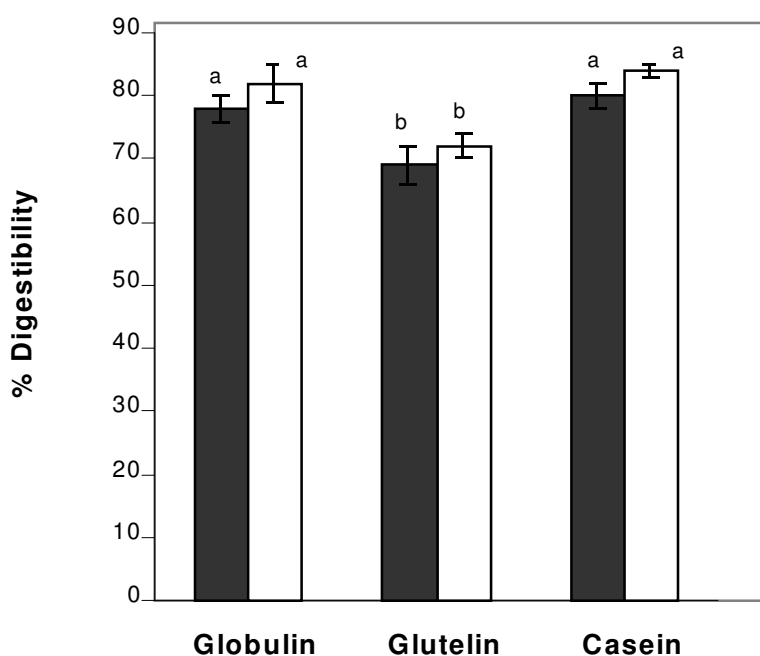


Figure 2. *In vitro* digestibility of globulins and glutelins of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., compared to a casein standard (mean ± SD, n = 3). Dark columns are unboiled samples; white columns are boiled samples. Repeated letters mean that no significant differences were found among treatments, according to Student's *t* test ($p < 0.05$).

3.7 - Mineral contents

The mineral contents shown in *Table 5* are high when compared with the values obtained for other palmtree fruits of Mato Grosso do Sul [13]. Bocaiúva kernels are richer in manganese, copper and zinc (respectively, 24.3, 11.1 and 30.9 $\mu\text{g/g}$) than other native fruits of the region; only kernels of piqui (*Caryocar brasiliense* Camb., a native tree of the *cerrado*) are described in the literature as richer in zinc and copper (respectively, 53.6 and 15.9 $\mu\text{g/g}$) than the bocaiúva kernels [13]. Other minerals were not determined.

TABLE 5. Mineral content of kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., expressed on a whole weight basis.

Mineral	mg/100 g
Calcium	94.3
Magnesium	207.0
Phosphorus	537.5
Potassium	377.2
	$\mu\text{g/g}$
Sodium	21.41
Iron	32.91
Manganese	24.33
Zinc	30.93
Copper	11.13

Values are average of two repetitions.

4 - DISCUSSION

Fractionation based on solubility is a convenient system to begin the characterization of seed storage proteins from species that have not been studied yet [9].

In the present investigation we have found that the defatted kernel flour of bocaiúva is a rich source of oil and protein. The kernel protein fraction is composed mostly of globulins (soluble in dilute saline solution) and glutelins (soluble in dilute acids or alkalis). Fractionation of seed proteins has revealed that many plants, including Leguminosae, contain globulins as the major storage protein (50-75% of total seed protein) [5, 7, 23, 31]. Studies on the degradation of legume proteins, particularly globulins, have demonstrated that cooking and fermentation frees this protein fraction from antinutritional factors, such as proteinase inhibitors and lectins, a feature that makes globulin suitable for studies on the nutritional value of proteins [5, 7].

The agglutinating activity has been attributed to lectin (a hemagglutinating glycoprotein). In our study, the amount of this protein used in the agglutination assay was very high, indicating that bocaiúva globulin and glutelin fractions have very low lectin contents, in contrast with several plant seeds from which lectin has been isolated [7, 20, 29, 33].

As shown in *Figure 2*, a good level of *in vitro* digestibility was found for native and heated bocaiúva kernel globulins, as compared with the casein standard. However, the glutelin sample assayed was less easily digested by proteases than casein, both under boiling and nonboiling conditions. The digestibility of bocaiúva globulin was similar to that of karkade flour (82.14%) [1]. Our results for bocaiúva differed from those obtained elsewhere for proteins from legume seeds, such as soy, algaroba (mesquite) and cowpea, which are resistant to hydrolysis by mammalian digestive enzymes, given the presence of protease inhibitors in the seeds [5, 24, 31].

The digestibility of the glutelin fraction of bocaiúva was also lower than that reported in the literature for karkade protein [1] though similar to that of legume seed proteins, as chickpea and jojoba [23, 31].

The nonsignificant increase in the digestibility of bocaiúva kernel globulins and glutelins after boiling (*Figure 2*) revealed that neither protein fraction contains protease inhibitors associated with low protein digestibility of plant seeds [5, 33, 31].

When the mineral profiles shown in *Table 5* are compared with those of selected edible seeds, bocaiúva kernels are found to be richer in calcium (94.3 mg/100 g), phosphorus (537.5 mg/100 g) and manganese (24.3 µg/g) than cashew nuts or fresh coconut [25]. Only manganese was present in similarly high levels in our study. The values found for minerals in the samples investigated, however, were below the recommended dietary allowances for adults [22].

The nutritional value of dietary proteins is determined by the pattern and quantity of the essential amino acids they contain. The presence of one or more essential amino acids in adequate amounts increases the nutritional value of a protein. The amino acid pattern (*Table 3*) shows that bocaiúva kernel protein fractions are potentially good sources of some of the essential amino acids, being rich in methionine+cisteyne, valine and leucine. Threonine and lysine are the most limiting amino acids, respectively, of the two major protein fractions of bocaiúva kernel, the globulin (amino acid score of the 47.1%) and glutelin (amino acid score of the 49.5%), in terms of the theoretical profiles for children in the age range of 2 to 5 years. Methionine is an amino acid found at high concentrations in the proteins of other Brazilian fruits, such as Brazil nuts [27] and anajá [3], with values of 7.61% and 2.62% of the total protein content, respectively. The glutelin fraction of bocaiúva kernels have high nutritional values of methionine (3.3% of the glutelin fraction), if compared with FAO's reference standards [8]. Plant storage proteins are generally rich in proline, asparagine, glutamic acid and arginine [7]. In bocaiúva kernel protein fractions, the predominant amino acids, in relation to the total found, were glutamic acid and arginine. In the globulin fraction (the main protein fraction of bocaiúva), the

arginine and glutamic acid contents were found to be in agreement with those determined by AMAYA-FARFÁN et al. [3] for another species of the same genus, *A. sclerocarpa* Mart. (13.86% and 19.79%, respectively). In comparison to fruit of cerrado, the jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) seed showed that protein was deficient in sulfur amino acids and threonine and rich in other essential amino acids [21].

5 - CONCLUSIONS

Bocaiúva kernels are a valuable source of total proteins and lipids, and, in contrast with legume seeds, do not contain protease inhibitors — a nutritional advantage in terms of digestibility. The kernels, however, are limiting in some essential amino acids such as threonine and lysine (the main limiting amino acids), a feature that suggests the need for additional studies to provide a better understanding of the *in vivo* protein digestibility and biological value of bocaiúva kernels. As for the mineral analysis, the samples analyzed exhibited lower values than those recommended as dietary allowances for adults.

6 - REFERENCES

- [1] ABU-TAR BOUSH, H.M.; AHMED, S.A.B. Studies on karkade (*Hibiscus sbadariffa*): protease inhibitos, phytate, in vitro protein digestibility and gossypol content. **Food Chemistry**, v.56, p.15-19, 1996.
- [2] ALMEIDA, S.P. **Cerrado-aproveitamento alimentar**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188p.
- [3] AMAYA-FARFÁN, J.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; NOLETO CRUZ, P.; MARQUES, E.P. Fatty acid and aminoacid composition of some indigenous

- fruits of northeastern Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.6, n.1, p.86-92, 1986.
- [4] AOAC. **Official methods of analysis**. 16th ed. Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 109p.
- [5] ARAUJO, A.H.; CARDOSO, P.C.B.; PEREIRA, R.A.; LIMA, L.M.; OLIVEIRA, A.S.; MIRANDA, M.R.A.; XAVIER-FILHO, J. SALLES, M.P. *In vitro* digestibility of globulins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and xerophitic algaroba (*Prosopis juliflora*) seeds by mammalian digestive proteinases: a comparative study. **Food Chemistry**, v.78, p.143-147, 2002.
- [6] BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** v.72, p.248-254, 1976.
- [7] DERBYSHIRE, E.; WRIGHT, D.J.; BOUTER, D. Legumin and vicilin storage proteins of legume seeds. **Phytochemistry**, v.15, p.3-24, 1976.
- [8] FAO/WHO. **Protein quality evaluation**. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1991.
- [9] FONSECA, P.A.; FERREIRA, R.B.; TEIXEIRA, A.R. Seed proteins from *Quercus suber*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.3443-3447, 1997.
- [10] FREIRE, M.G.M.; GOMES, V.M.; CORSINI, R.E.; MACEDO, M.L.R. Isolation and partial characterization of a novel lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiol. Biochem.** v.40, p.61-68, 2002.
- [11] HENLEY, E.C.; KUSTER, J.M. Protein quality evaluation by protein digestibility – corrected amino acid scoring. **Food Technology**, v.48, p.74-77, 1994.

- [12] HENRIKSON, R.L.; MEREDITH, S.C. Amino acid analysis by reverse phase high performance liquid chromatography: precolumn derivatization with phenylisothiocyanate. **Anal. Biochem.** v.36, p.65-71, 1984.
- [13] HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M.; BARROCAS, G.E.G. Teores de minerais de alguns frutos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.10, n.2, p.135-150, 1992a.
- [14] HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M.; PEREIRA, J.G. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos de alguns frutos nativos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.10, n.1, p.35-42, 1992b.
- [15] HSU, H.W.; VAVAK, D.L.; SATTERLEE, L.D.; MILLER, G.A. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. **Journal of Food Science**, v.42, p.1269-1273, 1977.
- [16] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3rd ed. São Paulo, 1985. 533p.
- [17] LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, p.680-685, 1970.
- [18] LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v.34, p.31-67, 1994.
- [19] MACEDO, M.L.R.; DAMICO, D.C.S. Effects of protein fractions from *Zea mays* L. on development and survival of mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **Insect Sci. Applic.** v.20, p.135-139, 2000.
- [20] MACEDO, M.L.R.; FREIRE, M.G.M.; CABRINI, E.C.; TOYAMA, M.H.; NOVELLO, J.C.; MARANGONI, S.; MATOS, D.G.G. A trypsin inhibitor from

- Peltophorum dubium* seeds active against pest proteases and its effects on the survival of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1621, p.170-182, 2003.
- [21] MATUDA, T.G.; MARIA NETTO, F. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.353-357, 2005.
- [22] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowances**, 10th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1989.
- [23] NEVES, V.A.; SILVA, M.A.; LOURENÇO, E.J. Caracterização e hidrólise da globulina principal de grão de bico (*Cicer arietinum* L.), var. IAC - Marrocos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.139-145, 2004.
- [24] OSHODI, A.A.; IPINMOROTI, K.O.; ADEYEYE, E.I.; HALL, G.M. *In vitro* multienzyme digestibility of protein of six varieties of African yam bean flours. **Journal of Science and Food Agricultural**, v.69, p.373-377, 1995.
- [25] PHILIPPI, S.T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. 2nd ed. São Paulo: Coronário, 2002. 135p.
- [26] PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14th ed. Piracicaba: F. Pimentel-Gomes Ed. 2000. 477p.
- [27] RIBEIRO, M.A.A. **Aproveitamento tecnológico de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*): estudo da conservação**. [dissertation]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"/USP], 1982. 88p.
- [28] SALINAS, Y.G.; GARCIA, R. **Métodos químicos para el analisis de suelos acidos y plantas forrajeras**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985. 83p.

- [29] SEENA, S.; SRIDHAR, K.R. Nutrient composition and biological evaluation of an unconventional legume, *Canavalia cathartica* of mangroves. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.55, p.615-625, 2004.
- [30] SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.
- [31] SHRESTHA, M.K.; PERI, I.; SMIRNOFF, P.; BIRK, Y.; GOLAN-GOLDHIRSH, A. Jojoba seed meal proteins associated with proteolytic and protease inhibitory activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.5670-5675, 2002.
- [32] VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous food. IV. Determination of cell-wall constituents. **Journal of Association of Analytical Chemistry**, v.50, p.50-55, 1967.
- [33] VASCONCELOS, I.M.; MAIA, A.A.B.; SIEBRA, E.A., OLIVEIRA, J.T.A.; CARVALHO, A.F.F.U.; MELO, V.M.M.; CARLINI, C.R.; CASTELAR, L.I.M. Nutritional study of two Brazilian soybean (*Glycine max*) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.12, p.55-62, 2001.

7 - ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the FUNDECT (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia) of Brazilian state of Mato Grosso do Sul, CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), PROPP/UFMS (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul) and FINEP/MCT (Financiamento de Estudos e Projetos/Ministério da Ciência e Tecnologia) for financial support of this research.

ANEXOS

ANEXO 1

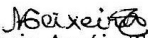
Certificado de Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais

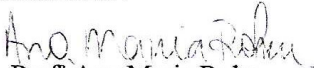


C E R T I F I C A D O

Certificamos que o Protocolo nº. 40/2003 da Doutoranda **Priscila Aiko Hiane**, sob a Orientação da Profª Drª Maria Lígia Rodrigues Macedo, para uso de animais em experimentação, referente ao projeto de pesquisa **'Estudo nutricional, com ênfase em proteínas antinutricionais e tóxicas, de amêndoas da bociúva, espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd., espécie *Caryocar brasiliense* Camb., do Estado de Mato Grosso do Sul'**; está de acordo com os princípios éticos adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), com a legislação vigente e demais disposições da ética em investigação que envolvem diretamente os animais e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA/UFMS, em reunião de 16 de outubro de 2003.

Campo Grande (MS), 16 de outubro 2003.


Dra. Maria Araújo Teixeira
Presidente da CEUA


Profª Ana Maria Rohr
Secretária da CEUA

ANEXO 2

Declaração de publicação de trabalho referente ao Capítulo 1



DECLARAÇÃO

Para os devidos fins, declaramos que o artigo “Bocaiuva *Acrocomia Aculeata* (Jacq) Lodd., Pulp and Kernel Oils: Characterization and Fatty Acid Composition” de Priscila Aiko Hiane, Manoel Mendes Ramos Filho, Maria Isabel Lima Lamor, Maria Lígia Rodrigues Macedo foi publicado na Revista *Brazilian Journal of Food Technology*, vol.8, n.3, jul.set./2005, p.256-299.

Campinas, 13 de abril de 2006.

**Dr. Dietrich G. Quast
Editor**

Av. Brasil, 2.880 – 13.073-001 - Campinas, SP – BJFT – <http://www.ital.org.br/brazilianjournal>

ANEXO 3

Declaração de trabalho aceito para publicação referente ao Capítulo 2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CEPPA
CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Of. nº 10/06-ED

Curitiba, 10 de maio de 2006

Prezados Senhores

Informamos para os devidos fins que o artigo "AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA PROTEÍNA DE AMÊNDOAS DE BOCAIUVA, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., EM RATOS WISTAR EM CRESCIMENTO" de autoria de PRISCILA AIKO HIANE, MARIA LÍGIA RODRIGUES MACEDO, GABRIELA MORAES SILVA, JOSÉ ANTÔNIO BRAGA NETO, foi selecionado para publicação no Boletim do CEPPA v. 24 n. 1 jan./jul. 2006.

Sendo o que se nos apresenta o momento, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,

Josiane A. da Silva
Assessora de Editoração

ANEXO 4

Declaração de trabalho aceito para publicação referente ao Capítulo 3



Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orgão de Utilidade Pública
Lei Municipal No. 4919 de 31/08/1979 - Fundada em 08/04/1967

Av. Brasil, 2880
Caixa Postal 271
13001-970 - Campinas/SP

C.G.C: 46.113.742/0001-24
Fone/Fax: (019)3241-0527
Fone: (019)3241-5793

Campinas, 16 de junho de 2006

REVISTA - ARTIGO ACEITO

Ilma. Sra.
Maria Lígia R. Macedo
Ciências Naturais/Centro Univ. Três Lagoas
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
C.P. 210
CEP 79603-021
Três Lagoas - MS

É com satisfação que informamos que o artigo CHEMICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION OF KERNELS OF BOCAIUVA, Referência 001643, foi aceito para publicação na **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Informamos ainda que o mesmo está sendo preparado para publicação em breve.

Agradecemos a sua contribuição à Revista da SBCTA.

Autores: Priscila A. Hiane, Paulo Aparecido Baldasso, Sérgio Marangoni, Maria Lígia R. Macedo.

Atenciosamente,

Diretoria de Publicações/SBCTA

ANEXO 5



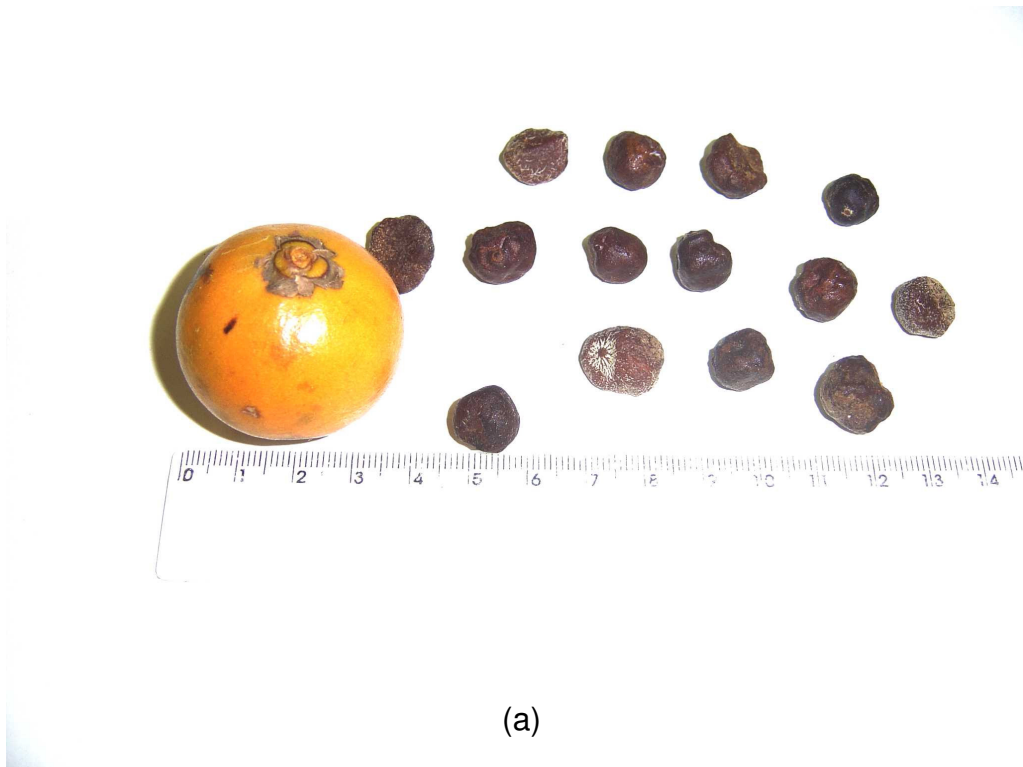
Paulo Robson de Souza

Figura 1- Palmeiras da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.



Paulo Robson de Souza

Figura 2 - Frutos da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.



(a)



(b)

Figura 3 – (a) Fruto e amêndoas da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. (b) Sementes e amêndoas da bocaiúva.

ANEXO 6



Figura 4- Ensaio biológico protéico de amêndoas da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd em gaiolas metabólicas do Biotério Central/UFMS, referente ao Capítulo 2.



Figura 5- Rações aprotéica, de caseína e de farinha de amêndoas da bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., referentes ao Capítulo 2.

ANEXO 7



Figura 6 – Aparelho extrator de Soxhlet, referente aos Capítulos 1, 2 e 3.



Figura 7 – Aparelho destilador de nitrogênio, referente aos Capítulos 1, 2 e 3.