



## ENRIQUECIMENTO PROTEICO DO BAGAÇO DO PEDÚNCULO DO CAJU POR FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA UTILIZANDO TAMBOR ROTATIVO

M. V. D. CARNEIRO<sup>1</sup>, F. L. H. da SILVA<sup>2</sup>, L.F.ARAÚJO<sup>3</sup> e R. M. M. FREIRE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> DEP – Universidade Federal de Campina Grande

<sup>2</sup> DEQ – Universidade Federal da Paraíba

<sup>3</sup> UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

<sup>4</sup> EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

E-mail para contato: vitoriamdc@ig.com.br

RESUMO - O cajueiro é originário do Brasil, tendo como centro de dispersão o litoral nordestino, visto que a região representa 90% da produção. Seus principais produtos utilizados em maior escala são o fruto (castanha) e o pseudofruto (parte suculenta do fruto). O pedúnculo do caju é geralmente consumido *in natura*, na forma de sucos, refrigerantes, bebidas alcoólicas e doces, representando uma parcela bastante significativa na economia nordestina, principalmente graças ao grande crescimento da agroindústria brasileira, transformando-o em polpa, o que diminui o desperdício, uma vez que, armazenado em temperatura ambiente, não ultrapassa 48 horas. Seu bagaço é descartado no meio ambiente após processamento, podendo ocasionar um impacto ambiental. Diante do motivo exposto, o trabalho teve como objetivo estudar o enriquecimento nutricional do bagaço (resíduo) do pedúnculo do caju. O bagaço foi processado por cultivo semissólido, usando 5 kg de substrato por batelada na concentração 3% (base úmida) de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os tempos de fermentações utilizados como testes preliminares foram 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 e 48 horas, com temperatura do reator em torno de 25 °C ± 2 °C. O bagaço do pedúnculo do caju antes e após fermentação foi caracterizado avaliando-se a umidade (%), pH, açúcares redutores totais e proteína bruta. O tempo de 12 horas apresentou maior teor de proteína: 15,20% (p/p), podendo ser utilizado como substituto parcial nas rações animais.

### 1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é originário do Brasil, tendo como centro de dispersão o litoral nordestino, onde a região representa 90% da produção. Os principais produtos do cajueiro utilizados em maior escala são o fruto (castanha) e o pseudofruto (parte suculenta do fruto). Campos *et al.* (2005) destacam que o aproveitamento industrial do caju visa, basicamente, ao beneficiamento da castanha e, em menor escala, o aproveitamento do pedúnculo. Uma das causas para esse baixo aproveitamento está relacionada ao tempo de deterioração do pedúnculo, o que ocasiona

excessivas perdas no campo e na indústria. A quantidade desperdiçada representa um elevado potencial de uso para conversão proteica por microrganismos, pois, contendo menos de 7% de proteína (base seca) na sua composição, existem cerca de 10% de carboidratos (açúcar e amido) que podem ser metabolizados como fonte de energia para reações de biossínteses.

Segundo Araújo *et al.* (2005), a produção de proteínas microbianas sobre os resíduos agroindustriais pode ser realizada por meio de fermentação semissólida (FSS), que, além de requerer baixo investimento de capital e energia, praticamente não produz rejeitos e pode ser aplicada em diversos substratos. Além disso, o aproveitamento dos resíduos provenientes das indústrias de alimentos poderá ser utilizado como ração animal, diminuindo, assim, os custos de produção, onde a fermentação em estado sólido se destaca por aproveitar os resíduos sólidos que irão ser descartados no meio ambiente, bem como o microrganismo no meio sólido realiza a síntese microbiana de diversos compostos, dos quais muitos apresentam grande interesse para segmentos industriais, além de elevado valor agregado.

Foram enriquecidos proteicamente, com sucesso por meio de fermentação semissólida com microrganismos como: bagaço do pedúnculo do caju (Campos *et al.*, 2005); palma forrageira (Araújo *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2010); misturas de bagaço de caju, casca e coroa de abacaxi e casca e albedo de maracujá (Monteiro *et al.*, 2011); mandacaru sem espinhos e palma forrageira (Almeida *et al.*, 2011).

Campos *et al.* (2005) estudaram o enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo do caju utilizando levedura *Saccharomyces cerevisiae*, por meio de fermentação semissólida em bandejas, com substrato de 500 g, por um tempo de 24 horas, e inoculando 12% de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. O aumento proteico alcançado foi em torno de 3,5 vezes quando comparado aos valores iniciais do material *in natura*.

Outra pesquisa semelhante a esta proposta, feita por Almeida *et al.* (2011), com o uso da cactácea típica da região semiárida do Nordeste, o mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC), relata que o teor proteico do substrato supracitado atingiu o máximo (23%) após 10 horas de fermentação, o que corresponde ao incremento de quase duas vezes o conteúdo da proteína bruta do mandacaru *in natura*.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho estudar o processo de enriquecimento nutricional, em escala ampliada, do bagaço do pedúnculo do caju com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, usando-se o biorreator tambor rotativo para a elaboração de um suplemento proteico animal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Substrato



A matéria-prima usada como substrato no processo de enriquecimento nutricional foi o bagaço do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), conforme mostra a Figura 1, proveniente da Indústria de Polpas de Frutas FRUTNAT, localizada em Campina Grande, PB.



**Figura 1.** Bagaço moído e seco do pedúnculo do caju.

## 2.2. Microrganismo

No enriquecimento do bagaço do pedúnculo do caju usou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* prensada, fermento biológico comercial da marca Fleischmann cuja análise revelou 70,35% de umidade e 52,60% de proteína bruta (base seca).

## 2.3. Fermentação em meio semissólido

O tambor rotativo (método dinâmico) foi projetado para a capacidade máxima de 10 kg de substrato por batelada. Os experimentos, em triplicatas, foram conduzidos no sistema à rotação de 25 rpm (Figura 2), à temperatura ambiente em torno de  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . O bagaço do pedúnculo do caju foi processado por cultivo semissólido, usando 5 kg de substrato por batelada na concentração 3% (base úmida) de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os tempos de fermentações utilizados foram 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 e 48 horas.



**Figura 2.** Biorreator tambor rotativo.

## 2.4. Análises químicas

Realizou-se a secagem do material enriquecido em estufa com circulação de ar à temperatura de 55 °C a 60 °C, por um período de 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas e acondicionadas em recipientes de plásticos herméticos, para posteriores análises. As análises de proteína bruta foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB. As análises de açúcares redutores totais (ART), pH, umidade e cinzas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), bem como as análises do extrato etéreo foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em João Pessoa, PB.

## 2.5. Proteína bruta (PB)

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl com adaptação para nitrogênio (N), por espectrofotometria UV-VIS, segundo Le Poidevin e Robinson (1964). O teor de proteína foi obtido em razão do percentual de N (%N), multiplicando o mesmo por 6,25, ou seja,  $PB (\%) = N (\%) \times 6,25$ .

## 2.6. Açúcares redutores totais (ART)

A determinação dos açúcares redutores totais (ART), glicose e frutose, foi efetuada por Cromatografia Líquida de Alto Eficiência (HPLC), equipado com uma bomba modelo ProStar 210 (Varian); Injetor manual com loop de 20  $\mu$ L; detector de índice de refração modelo ProStar 356 (Varian) e UV/visível 284 nm (aldeídos); coluna analítica em aço inox Hi-Plex H (300 mm x 7,7 mm; Varian) cujas condições de operações foram as seguintes: temperatura da coluna de 40 °C, fase móvel: água miliQ com vazão de 0,6 mL/min; tempo de análise: 15 minutos para os teores de glicose, frutose, xilose, arabinose e sacarose (Sigma 99,99% grau HPLC). As amostras com *Saccharomyces cerevisiae*, antes de serem injetadas no HPLC, foram aquecidas em banho-maria a 90 °C durante 10 minutos e colocadas no freezer vertical a 10 °C negativos para posteriores análises, todas realizadas em triplicatas.

## 2.7. Umidade (U)

Para a determinação do teor de umidade do bagaço do pedúnculo do caju e do enriquecido, as amostras foram levadas à estufa a 105 °C, durante 24 horas. Essas análises foram feitas em triplicatas, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (Brasil, 2005).

## 2.8. Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH foi utilizada a metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (Brasil, 2005).



## 2.9. Aumento de proteína bruta

O aumento proteico (AP) foi calculado pela razão entre os valores de proteína bruta (%) do bagaço do pedúnculo do caju enriquecido e da sua forma *in natura*, conforme Equação 1 abaixo.

$$AP = \frac{(\%) \text{ Proteína bruta (enriquecida)} - \text{Proteína bruta (in natura)}}{(\%) \text{ Proteína bruta (in natura)}} \times 100 \quad (1)$$

## 2.10. Análise estatística de médias

Foi utilizado o programa ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2009), por meio do qual foi realizado o teste de Tukey, com 5% de probabilidade, nas médias dos teores de proteína bruta do processo fermentativo.

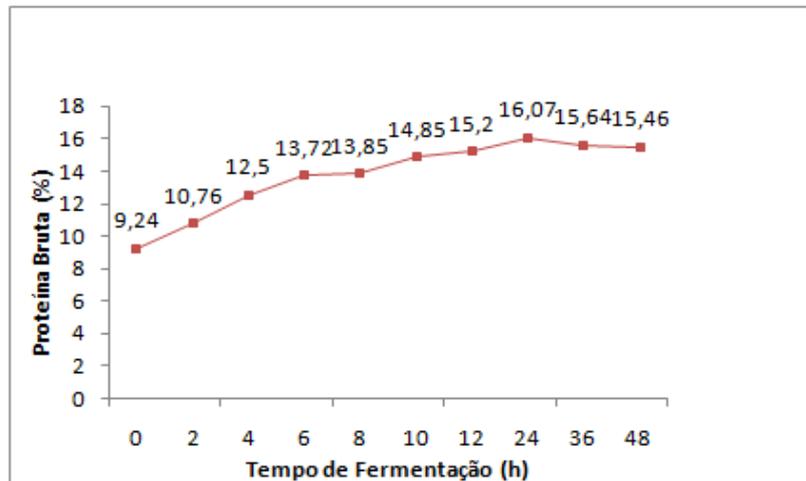
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Fermentação semissólida

No estudo cinético da fermentação semissólida do bagaço do pedúnculo do caju, realizado no biorreator tambor rotativo, monitorou-se a variação do aumento proteico em virtude do tempo de fermentação, visando-se determinar o tempo em que o maior teor de proteína bruta no substrato fermentado era apresentado.

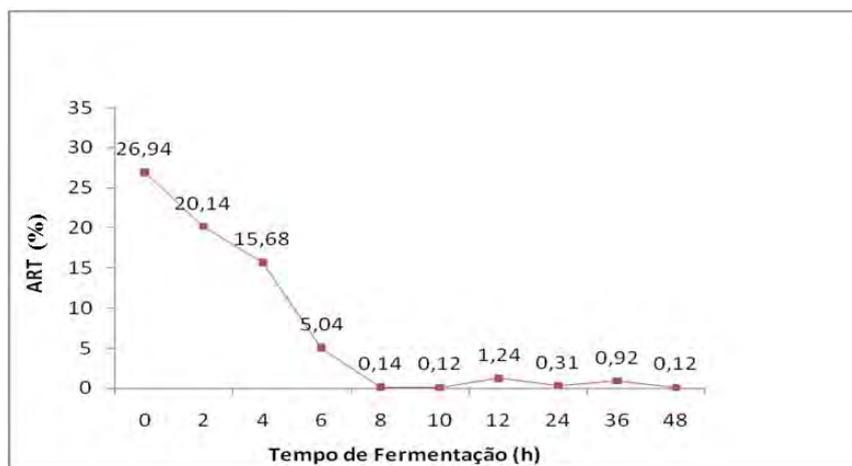
Na Figura 3, verifica-se o comportamento dos teores de proteína bruta e na Figura 4, o perfil dos açúcares redutores totais, em razão do tempo de fermentação.

Verifica-se na Figura 3 que o teor de proteína bruta aumenta, rapidamente, com o tempo de fermentação até cerca de 6 horas, atingindo 13,72% (p/p). Em menor velocidade de reação, continua aumentando, alcançando o seu máximo de 16,07% (p/p), por volta de 24 horas. Após esse tempo, decresceu para 15,64% (p/p) e 15,46% (p/p), nas 36 e 48 horas, respectivamente. O substrato enriquecido pode ser usado como suplemento proteico para animais, uma vez que se encontra de acordo com as normas estabelecidas pela NRC (1989).



**Figura 3.** Perfil do teor de proteína bruta no processo de FSS.

Com relação à Figura 4, pode-se observar que, como era de se esperar, o ART diminuiu ao longo do processo fermentativo, em virtude da metabolização da levedura da fonte de energia. Verifica-se que praticamente o microrganismo metabolizou toda a fonte de carbono, expressa em Açúcares Redutores Totais (ART).



**Figura 4.** Perfil do teor dos açúcares redutores totais no processo de FSS.

Na Tabela 1 verificam-se as médias dos 10 tratamentos realizados no estudo do processo de FSS (de 0 até 48 horas). Observa-se que a partir do tempo de 12 horas não se verifica diferença entre as médias do teor de proteína bruta, com significância em nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) (Silva e Azevedo, 2009).



**Tabela 1.** Médias dos teores de proteína bruta

Tempo de fermentação/Horas	Tratamentos	Proteína bruta (%)
0	1	9,24 f
2	2	10,76 e
4	3	12,50 d
6	4	13,72 c
8	5	13,85 c
10	6	14,85 b
12	7	15,20 a
24	8	16,07 a
36	9	15,64 a
48	10	15,46 a

DMS = 0,965; MG = 13,729; CV% = 1,775

As médias de proteína bruta, seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observando-se a Tabela 1, definiu-se que o melhor tempo foi em 12 horas (15,20% p/p), pois não diferiu do maior valor, média de 16,07% (p/p). É óbvio que o tempo de 12 horas reduz o custo do processo, pois é metade do tempo de processamento da maior média (16,07% p/p), 24 horas, e que não há diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre as médias a partir de 12 horas.

Os resultados da caracterização físico-química do bagaço do pedúnculo do caju *in natura* e enriquecido após 12 horas de fermentação semissólida encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização físico-química do bagaço do pedúnculo do caju *in natura* e enriquecido após 12 horas de fermentação semissólida

Bagaço do pedúnculo do caju	U (%) (b.u.)	pH	PB (%) (b.s)	ART (%)
<i>In natura</i>	75,47	4,01	8,27	43,66
Enriquecido	79,81	3,75	15,20	0,14

Pelos valores da Tabela 2, observa-se que a porcentagem de proteína do bagaço do pedúnculo do caju, no tempo de 12 horas, é de 15,20% p/p, que equivale a um aumento proteico de 83,8% p/p. A diminuição dos açúcares totais no substrato enriquecido mostra que a levedura consome os açúcares como fonte de carbono para o seu metabolismo nutricional, tendo como produto final CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia.

O pH encontrado para o bagaço do pedúnculo do caju, como mostra a Tabela 2, está próximo dos valores ótimos para o desenvolvimento de microrganismos. Geralmente, os fungos preferem pH baixo entre 4,0 e 5,0 (Santos *et al.*, 2005), onde após 12 horas de fermentação houve uma leve queda no mesmo.



Almeida *et al.* (2011) estudaram a cinética do enriquecimento nutricional do mandacaru sem espinhos por fermentação semissólida com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* no mesmo tambor rotativo utilizado neste estudo, em que a concentração de levedura inicial adicionada ao substrato foi de 5%. Concluíram que o processo de enriquecimento nutricional em tambor rotativo reduz consideravelmente o tempo de fermentação com relação ao processo realizado em bandejas, atingindo o percentual de proteína no mandacaru enriquecido (23%) após 10 horas de fermentação, que corresponde a um aumento proteico de quase duas vezes com relação ao teor de proteína do mandacaru *in natura*, sendo semelhante à conclusão observada no presente trabalho.

#### **4. CONCLUSÕES**

O bagaço do pedúnculo do caju pode ser usado como suplemento proteico na formulação de ração animal, uma vez que sua proteína bruta enriquecida foi de 15,20% (p/p).

O aproveitamento desse resíduo reduz os custos das rações convencionais, além de minimizar o impacto ambiental, proveniente dos seus descartes no campo e na indústria.

#### **5. NOMENCLATURA**

AP – Aumento Proteico  
ART – Açúcares Redutores Totais  
b.s. – base seca  
b.u. – base úmida  
CV – Coeficiente de Variação  
DMS – Diferença Mínima Significativa  
FSS – Fermentação Semissólida  
MG – Média Geral  
NRC - National Research Council  
PB – Proteína bruta  
pH - Potencial hidrogeniônico  
p/p – peso por peso  
rpm – Rotação por minuto  
U – Umidade

#### **6. REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, M. M. de; MOTA, J. C.; SILVA, F. L. H da; CONRADO, L. de S. Estudo do enriquecimento nutricional do mandacaru por fermentação semissólida utilizando o tambor rotativo. In: Simpósio Nacional de Bioprocessos, 18, 2011, Caxias do Sul, *Anais...* Caxias do Sul: SINAFERM, 2011 (CD Room).



- ARAÚJO, L. de F.; SILVA, F. L. H. da; BRITO E. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SANTOS, E. S. Enriquecimento protéico da palma forrageira com *Saccharomyces cerevisiae* para alimentação de ruminantes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootecnia*, v.60, n.2, p.401-407, 2008.
- ARAÚJO, L. de F.; OLIVEIRA, L. S. C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. da. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. *Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.3, p. 397-384, 2005.
- ARAÚJO, L. de F.; SILVA, F. L. H. da; OLIVEIRA, L. de S.; MEDEIROS, A. N de; PERAZZO NETO, A.; Bioconversão do mandacaru sem espinhos em alimento alternativo para ruminantes (*Cereus jamacaru*). *Tecnol. & Ciên. Agroecúaria*, João Pessoa, v.3, n.1, p.53-57, fev. 2009.
- CAMPOS, A. R. N.; SANTANA, R. A. C.; DANTAS, J. P.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. da. Enriquecimento protéico do bagaço do pedúnculo de caju por cultivo semi-sólido. *Rev. de Biol. e Ciênc. da Terra*. v. 5, n. 2, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUFTZ. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4.ed, 2005.
- LE POIDEVIN, N.; ROBINSON, L. A. Métodos de diagnóstico foliares utilizados nas plantações do grupo booken na Guiana Inglesa: amostragem geral e técnicas de análises. *Fertilité*. n.21, p.3-11, 1964.
- MONTEIRO, L. F.; LEITE; N. J.; SILVA, F. L. H. da; ALSINA, O. L. S. de. Enriquecimento de Misturas de Resíduos Utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. In: Simpósio Nacional de Bioprocessos, 18, 2011, Caxias do Sul, *Anais...* Caxias do Sul: SINAFERM, 2011 (CD Room).
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle, 6 ed. Washington: *Nat. Acad. of Science* (nutrient requirements of domestic animals), v.1, 157p. 1989.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. *Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance*. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SANTOS, S. F. M.; NÓBREGA, J. E.; PINTO, G. A. S.; MACEDO, G. R.; SILVA, F. L. H. da. Caracterização do resíduo seco do pedúnculo de caju visando sua utilização como substrato para fermentação semissólida. In: Simpósio Nacional de Bioprocessos, 15, 2005, Recife, *Anais...* Recife: UFPE, 2005 (CD Room).