



---

ARTIGO CIENTÍFICO

---

**Avaliação do processo de enriquecimento proteico de resíduo de abacaxi**

*Evaluation of protein enrichment process pineapple residue*

Deocleciano Cassiano de Santana Neto<sup>1\*</sup>; Elny Alves Onias<sup>2</sup>; Jayuri Susy Fernandes de Araújo<sup>3</sup>; Ana Marina Assis Alves<sup>4</sup>; Osvaldo Soares da Silva<sup>5</sup>

**Resumo:** O beneficiamento do abacaxi para fins industriais produz um grande volume de rejeitos, que têm potencial energético e podem ser aproveitados gerando produtos com valor agregado. O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de enriquecimento nutricional dos resíduos de abacaxi (casca e coroa), com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, através do processo de fermentação semissólida, avaliando a concentração inicial de leveduras e temperatura de fermentação sobre o teor proteico. A fermentação foi realizada em biorreatores de bandejas com circulação de ar, contendo 1000 g do resíduo, com 4,65% de levedura, a temperatura de 38 °C, por um período de 48 h de onde foram retiradas sete amostras a cada 8 h e levadas à estufa com temperatura de 55 °C, sendo ao fim da fermentação trituradas em moinho de facas. A fermentação semissólida utilizando o resíduo de abacaxi demonstrou que o microrganismo cresceu e aumentou o teor de proteína do resíduo em função do tempo em que o mesmo permaneceu em temperatura controlada, mostrando-se viável para alimentação animal.

**Palavras-chave:** *Saccharomyces cerevisiae*; Fermentação semissólida; Resíduos agroindustriais.

**Abstract:** Pineapple processing for industrial purposes produces a large volume of waste, which have energy potential and can be leveraged to generate value-added products. The objective of this work was to study the nutritional enrichment process pineapple residues (bark and crown), with the use of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, through the process of fermentation semisolid, evaluating the initial concentration of yeast and fermentation temperature on the protein content. Fermentation was carried out in trays, bioreactors with air circulation containing 1000 g of residue, with 4.65% of yeast, the temperature of 38 °C, for a period of 48 h where seven samples were taken every 8 h and taken the greenhouse with a temperature of 55 °C, being the end of fermentation pounded into knife mill. Semisolid fermentation using the pineapple residue showed that the microorganism grew and increased the protein content of the residue in function of time in which the same remained in controlled temperature, showing up for animal feed.

**Key words:** *Saccharomyces cerevisiae*, semisolid fermentation, Agro-Industrial Waste.

---

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 01/12/2016; aprovado em 20/03/2017

<sup>1</sup>Engenheiro de Alimentos, Mestrando em Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras – PB; (83) 99917-2204, deocleciano.cassiano7@gmail.com.

<sup>2</sup>Engenheira de Alimentos, Mestranda em Horticultura Tropical, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, elnyonias@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheira de Alimentos, Mestranda em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, jayuri.susy@gmail.com

<sup>4</sup>Engenheira de Alimentos, Mestranda em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, anamarina.eng.alimentos@gmail.com

<sup>5</sup>Prof. Doutor em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, osvaldo\_so2002@yahoo.com.br



## INTRODUÇÃO

A produção mundial de abacaxi em 2014 foi de aproximadamente 25.439.366 toneladas, sendo que deste total o Brasil contribuiu com a produção de 2.646.243 toneladas de frutos de abacaxi, ocupando a segunda colocação no ranking mundial de produtores, atrás apenas da Costa Rica (2.915.628 ton.) (FAO, 2014). Os estados brasileiros que mais se destacaram na produção do fruto foram Pará (372.686 frutos/ha), seguido da Paraíba (290.772 frutos/ha) e por Minas Gerais (263.133 frutos/ha) (IBGE, 2015).

Do total da produção nacional de abacaxi, 5% são exportados na forma in natura e grande parte é destinada à industrialização. No processo de beneficiamento do abacaxi são gerados resíduos na forma de cascas e bagaços, que correspondem em volume a 40% da matéria-prima (SUHET, 2011). Esses resíduos possuem potencial energético, devido aos carboidratos solúveis, principalmente açúcares que podem ser aproveitados na alimentação de bovinos, acompanhado de suplementação proteica adequada, uma vez que apresentam teores proteicos baixos (MARIN et al., 2002).

Os resíduos agroindustriais são constituídos principalmente pelas cascas e sementes de frutas e outros vegetais, que não são reaproveitados na preparação de subprodutos, sendo que o reaproveitamento não ocorre pela falta de valor comercial desses produtos (SOONG; BARLOW, 2004).

De acordo com Silva et al., (2016), o resíduo de abacaxi, após a fermentação semissólida, possui grande potencial nutritivo, sendo capaz de satisfazer uma determinada população que almejam produtos alimentícios com alto teor proteico. Além do enriquecimento proteico é indispensável ter a visão de que o produto deve ser conservado livre de fatores que colaborem com a sua degradação (MARTINAZZO, 2010; EMBRAPA, 2015).

A fermentação semissólida é geralmente definida como um crescimento de microrganismos em material sólido (úmido) (PANDEY et al., 2001). Este tipo de fermentação é utilizado industrialmente por apresentar algumas vantagens como menor geração de efluentes, diminuição do risco de contaminação do meio, por utilizar substratos concentrados de sólidos, menor exigência de água quando comparada a fermentação submersa, requer baixo investimento de capital e energia (SANTOS et al., 2006).

A fermentação semissólida vem sendo utilizada como alternativa no aproveitamento dos resíduos agroindustriais. Santos et al. (2010) realizaram o enriquecimento proteico de bagaço do pseudofruto do caju, melhorando as características do produto, enquanto Melo et al. (2014), aplicaram a fermentação semissólida para obtenção de celulases a partir de resíduo agroindustrial de acerola

Em virtude do exposto, objetivou-se estudar o processo de enriquecimento nutricional das misturas dos resíduos do abacaxi (casca e coroa), com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, através de fermentação semissólida em biorreator de bandeja, avaliando a concentração inicial de levedura e temperatura de fermentação sobre o teor proteico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo de abacaxi utilizado foi obtido no mercado local na cidade de Pombal, Paraíba. Foi realizada uma

trituração dos resíduos em liquidificador industrial em velocidade máxima, por um período de aproximadamente 3 minutos. O microrganismo utilizado para o enriquecimento dos substratos em estudo foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, do tipo comercial, fermento biológico fresco, com umidade de 73,25%.

Para a determinação da quantidade de *Saccharomyces cerevisiae* utilizada no enriquecimento, foi determinada a umidade dos resíduos em balança por infravermelho.

A fermentação foi realizada em biorreator de bandeja com circulação de ar, contendo 1000 g do resíduo, com quantidade de levedura adicionada de 46,49 g (4,65%) a uma temperatura de 38 °C por um período de 48 horas. A primeira amostra foi coletada no tempo inicial, antes da adição da levedura e colocada em uma estufa a 55 °C. As amostras subsequentes foram coletadas a cada oito horas e também levadas à estufa de 55 °C. Após a fermentação, as amostras foram trituradas em moinho de facas. Em seguida, estudou-se o enriquecimento nutricional para observar o melhor tempo de fermentação dos resíduos.

Foram realizadas análises em triplicata para as seguintes determinações: proteína, sólidos solúveis e análise granulométrica, bem como umidade durante a fermentação.

Umidade (%): determinada por meio de secagem em estufa a 105 °C até peso constante de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Proteínas (g.100g<sup>-1</sup>): o teor de nitrogênio total das amostras foi encontrado pelo Método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão genérico de 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína segundo o método descrito pelo IAL (2008).

Sólidos Solúveis (%): determinados em refratômetro digital à temperatura de 25 °C, sendo expressos os resultados em °Brix.

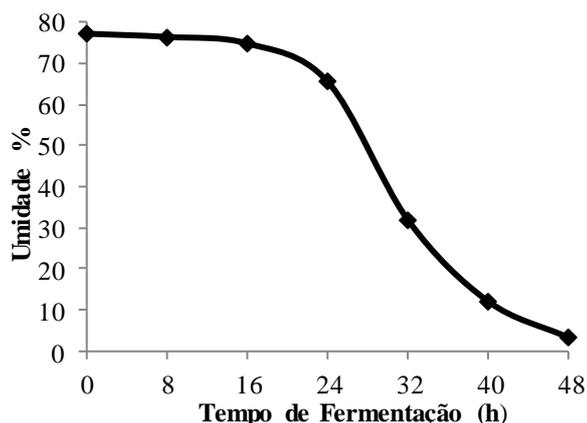
Granulometria: a distribuição granulométrica do resíduo foi determinada seguindo as recomendações da NBR – 7181 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade durante o período de 16 horas não apresentou grandes índices de perdas, mantendo um comportamento linear. Após este período até às 48 horas de fermentação apresentou uma diminuição gradativa variando de 74,8 a 3,08% (Figura 1), isso pode ser explicado pela perda de água por evaporação, sendo necessária para promover o processo fermentativo da levedura. Esse valor final de umidade, apresentou-se inferior ao obtido por Melo et al. (2014), que obtiveram valor de umidade de 7,98% para fermentado de resíduo de acerola utilizando a temperatura de 55 °C no processo de fermentação.

Essa redução acentuada da umidade pode ser explicada por causas específicas, como a temperatura e a disposição das bandejas no biorreator. Porém, a baixa umidade presente no resíduo de abacaxi promove uma melhor conservação do produto, uma vez que reduz a disponibilidade de água para reações químico/enzimáticas bem como da proliferação de microrganismos, como comprovado por Fellows, (2006), que alega que a deterioração dos alimentos pode ocorrer de forma rápida, devido às reações químico/enzimáticas que ocorrem durante o armazenamento dos alimentos contendo água em menor ou maior proporção, independentemente do processo de industrialização pelo qual ele foi submetido.

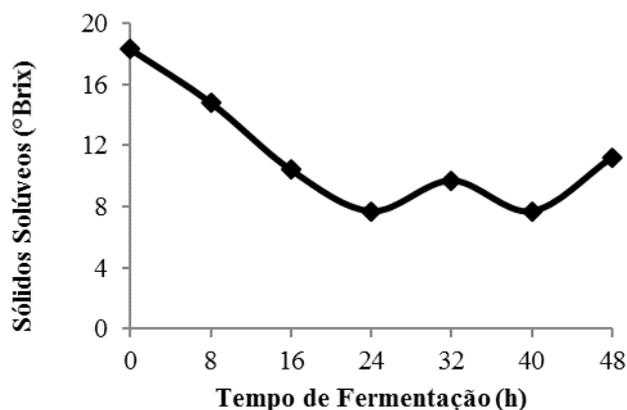
**Figura 1.** Teor de umidade de resíduo de abacaxi em relação ao tempo de fermentação (48 horas), com adição de levedura *Saccharomyces cerevisiae*



A conservação do produto, durante a fermentação de alimentos, ocorre devido à ação controlada de microrganismos utilizados, que promovem alterações na textura dos alimentos, preservando-os devido à produção de ácido lático ou álcool, que conferem aromas e sabores sutis que aumentem a qualidade e o valor das matérias-primas (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

Na Figura 2, observam-se os resultados em relação ao teor de sólidos totais (°Brix), que no material inoculado apresentou valores variando de 18,3 a 7,7 °Brix durante a fermentação. Segundo Uchoa et al. (2008) valores elevados são previsíveis, nos pós alimentícios das cascas quanto nos obtidos dos bagaços, uma vez que grande parte dos teores de sólidos solúveis totais presentes nas frutas, também estão em seus resíduos. Esses teores podem variar com o processamento aplicado na extração da polpa, fatores climáticos, variedade do fruto, tipos de solo e diversos outros fatores agrônômicos. De acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade (IN nº 1, de 7 de janeiro de 2000) polpas in natura do abacaxi deve apresentar teor de sólidos solúveis totais no mínimo de 11 °Brix (BRASIL, 2000).

**Figura 2.** Teor de sólidos solúveis de resíduo de abacaxi em relação ao tempo de fermentação (48 horas), com adição da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

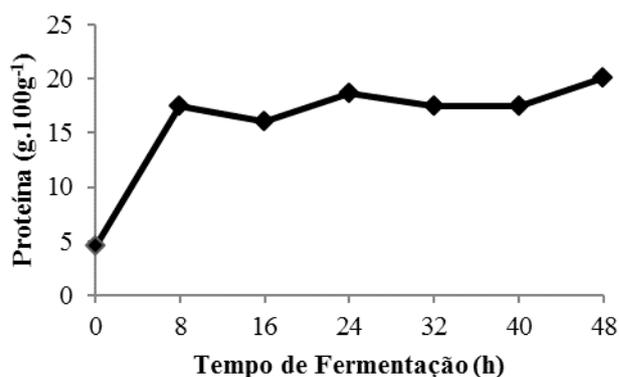


Campos et al. (2005) estudaram o enriquecimento proteico utilizando apenas o bagaço do pedúnculo do caju por

fermentação semissólida. Estes autores verificaram que o tempo de fermentação necessário para a máxima conversão dos carboidratos solúveis do bagaço foi em torno de 24 horas.

Os teores de proteínas adquiridos pelos resíduos após a fermentação encontram-se na Figura 3. Observa-se que quanto maior o tempo de fermentação, maior foi o teor de proteína, sendo que no início do processo apresentou um teor proteico de 4,56 g.100g<sup>-1</sup> e ao término da fermentação (48 horas) atingiu um teor de 20,06 g.100g<sup>-1</sup>, confirmando que os açúcares são convertidos em proteínas.

**Figura 3.** Teor proteico de resíduo de abacaxi em relação ao tempo de fermentação (48 horas), com adição da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.



Santos et al. (2010), obtiveram teor de 20,71 ± 1,93% de proteína para resíduos do bagaço do pedúnculo do caju, utilizando 12% da concentração da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e utilizando a temperatura de cultivo de 33 °C em estufa, o mesmo também comparou com os resultados obtidos por Lousada Júnior et al. (2005), que teve após submissão ao processo de enriquecimento os valores do bagaço enriquecido determinados no maracujá (12,4%), acerola (10,5%), e do melão (17,3%). Assim, os valores encontrados para abacaxi se aproximaram aos dos frutos analisados por esses dois autores, visto que se diferenciam com relação à concentração da levedura e temperatura que o processo foi realizado.

Na Tabela 1 encontram-se dispostos os dados relacionados às análises granulométricas realizadas a partir das diferentes aberturas de peneiras, para mensuração do diâmetro das partículas (DPI), massa retida nas peneiras, percentual da fração retida (Xi) e a relação entre fração retida e diâmetro das partículas (Xi/DPI).

**Tabela 1.** Valores dos parâmetros obtidos durante a análise granulométrica de resíduo de abacaxi.

Abertura (mm)	DPI* (mm)	Massa retida (g)	Xi** (%)	Xi/DPI***
8	-	-	-	-
6,3	7,15	6,5	13,6	0,019
2,8	4,55	25,7	53,7	0,118
2	2,4	8,7	18,2	0,076
1,4	1,7	4,2	8,8	0,052
1	1,2	1,5	3,1	0,026
0,5	0,75	0,9	1,9	0,026
Base	-	0,4	0,7	-

\*DPI: Diâmetro médio das partículas; \*\*Xi: % Fração Retida; \*\*\* Xi/DPI: Relação % Fração Retida/ Diâmetro médio da peneira.

A relação entre a abertura da peneira (0,5 a 6,3 mm) e o Diâmetro médio das partículas (0,75 a 7,15 mm) mostrou-se proporcional. No entanto, ao averiguar a relação existente entre a fração retida na peneira (Xi) e o DPI notou-se que esta relação é dependente. Alcântara et al. (2013), observaram que 60% das partículas de farinha do pedúnculo de caju ficaram retidos na peneira de tamanho 0,85mm. Enquanto que a farinha de maracujá mostra que 49% das partículas possuíam tamanho entre 0,42 e 0,71mm.

A maior parte do material retido encontrou-se nas peneiras de abertura 2,8 e 2 mm apresentando DPI de 4,55 e 2,4 mm, respectivamente. De acordo com Alcântara et al. (2013), partículas pequenas apresentam maior área superficial e taxa de transformação ao ataque microbiano, dificultando a respiração e aeração do sistema, provocando dissipação de gases e produzindo calor, além de promover a redução do rendimento do processo.

## CONCLUSÕES

O resíduo de abacaxi sob fermentação semissólida aumentou o teor de proteína com o crescimento da *Saccharomyces cerevisiae*, demonstrando potencial para ser utilizado como matéria-prima de misturas para o suprimento proteico.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica, 1984.

ALCÂNTARA, S. R.; SOUSA, C. A. B.; ALMEIDA, F. A. C.; GOMES, J. P. Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.15, n.4, p.349-355, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Legislação. SISLEGIS: Sistema de consulta à legislação. Instrução normativa n.1, de 7 de janeiro de 2000. Aprovar o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta.

CAMPOS, A. R. N.; SANTANA, R. A. C.; DANTAS, J. P.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. Enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo de caju por cultivo semissólido. Revista de Biologia e Ciência da Terra, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 72-82, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Secagem e desidratação. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html)>. Acesso em: 04 de março de 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat - Statistical annual. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso: 03 de junho de 2017.

FELLOWS P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática. Tradução: Florencia Cladera Oliveira et al – 2° edição – Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. São Paulo: IAL, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal, 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=99&zt&o=11&i=P>>. Acesso: 27 de setembro de 2016.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; NEIVA, J. N.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 2, p. 659-669, 2005.

MARIN, C. M.; SUTTINI, P. A.; SANCHES, J. P. F.; BERGAMASCHINE, A.F. Potencial produtivo e econômico da cultura do abacaxi e o aproveitamento de seus subprodutos na alimentação animal. Revista Ciências Agrárias e da Saúde, v. 2, n. 1, p.79–82, 2002.

MARTINAZZO, A. P.; Melo E.C.; Corrêa P.C.; Santos R.H.S. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.12. n.4, p. 488–98, 2010.

MELO, B. C. A.; SILVA, R. A.; KUBO, G. T. M.; CONRADO, L. S.; SCHIMDELL, W. Avaliação do resíduo agroindustrial de acerola para produção de celulasas por fermentação em estado sólido. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis – SC. Anais... Florianópolis: XX COBEQ, 2014.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; RODRIGUEZ-LEON, J. A.; NIGAM, P. Solid state fermentation in biotechnology. Nova Deli: Asiatech, 2001. 221p.

SANTOS, D. T.; SARROUH, B. F.; SANTOS, J. C.; PÉREZ, V. H.; SILVA, S. S. Potencialidades e aplicações da fermentação semissólida em biotecnologia. Janus, Lorena, ano 3, nº 4, 2006.

SANTOS, R. C.; RIBEIRO FILHO, N. M.; ALSINA, O. L. S.; CONRADO, L. S. Enriquecimento proteico de bagaço do pseudofruto do caju por via fermentativa. In: 1° Congresso Químico do Brasil, 2010, João Pessoa – PB. 2010. Anais... João Pessoa: 1° CQB, 2010.

SILVA, G. M. S.; COSTA, J. S.; CABRAL FILHA, M. C. S.; LIMA, A. B. S.; SILVA, O. S. Enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi mediante fermentação semissólida. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 11, n.5, p.39-44, Edição especial, 2016.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. Food Chemistry, London, v.88, p. 411-417, 2004.

SUHET, M. I. Fermentação semissólida do resíduo do abacaxi. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v.5, n.1, p.47-52, mar. 2011.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v. 15, n.2, p. 58-65, 2008.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. *Conservação de alimentos*. Recife, Edufrpe, 2010. 130p.