

Enriquecimento proteico dos resíduos da jaca por fermentação semissólida**Protein enrichment of jackfruit residues by semi-solid fermentation**

DOI:10.34115/basrv4n3-019

Recebimento dos originais: 10/04/2020

Aceitação para publicação: 12/05/2020

Ana Paula Moisés de Sousa

Doutoranda em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil.

E-mail: anapaulinha_15_6@hotmail.com

Antônio Daniel Buriti de Macedo

Doutorando em Engenharia de Processos

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil.

E-mail: daniel_buritt@hotmail.com

Aline Priscila de França Silva

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n, Sítio Olho d'Água da Bica, Cuité – PB, Brasil.

E-mail:alinepriscila33@gmail.com

Josiane Dantas Costa

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil.

E-mail: josianecosta89@gmail.com

Danilo Lima Dantas

Doutorando em Química Pura e Aplicada

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Bairro Dois Irmãos, Recife – PE, Brasil.

E-mail: danilold.15@gmail.com

Marisa de Oliveira Apolinário

Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde

Endereço: Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n, Sítio Olho d'Água da Bica, Cuité – PB, Brasil.

E-mail: marisapoli@yahoo.com

Renato Alexandre Costa de Santana

Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde

Endereço: Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n, Sítio Olho d'Água da Bica, Cuité – PB, Brasil.

E-mail: renatoacs@ufcg.edu.br

Ana Regina Nascimento Campos

Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: arncampos@yahoo.com.br

RESUMO

A jaca, fruta da *Artocarpus heterophyllus* Lam., é formada por gomos que contêm uma semente revestida por uma polpa comestível, que constitui em média 28% da massa total do fruto, sendo o restante quase sempre descartado. Estudos de aproveitamentos alternativos com intenção de incrementar o uso industrial da jaca promovendo a sustentabilidade alimentar e agrícola são necessários, valorizando a produção e seu consumo. Dessa forma, estudou-se o enriquecimento proteico dos resíduos de jaca (casca, eixo central, pívide) através da fermentação semissólida, utilizando a *Saccharomyces cerevisiae*, avaliando a influência da concentração de levedura e resíduos, adotando-se um planejamento experimental. A fermentação ocorreu em estufa de circulação de ar a 35 °C, sistema de batelada, durante 72 h. A fermentação semissólida utilizando 100% de casca de jaca e 3% de concentração de levedura proporcionou maior aumento proteico. Após 72h de processo, o teor máximo de proteína bruta e de aumento proteico alcançados foram de 13 e 100%, respectivamente. O suplemento proteico obtido através da fermentação de resíduos da jaca, utilizando levedura como inóculo, pode ser utilizado como uma alternativa na alimentação de ruminantes.

Palavras-chave: Jaca, fermentação, levedura, enriquecimento proteico, ração animal.

ABSTRACT

The jackfruit, a fruit of *Artocarpus heterophyllus* Lam., Is formed by buds that contain a seed coated with an edible pulp, which constitutes an average of 28% of the total mass of the fruit, the rest being almost always discarded. Studies of alternative uses with the intention of increasing the industrial use of jackfruit promoting food and agricultural sustainability are necessary, valuing production and consumption. In this way, the protein enrichment of jackfruit residues (bark, central axis, civic) was studied through semi-solid fermentation, using *Saccharomyces cerevisiae*, evaluating the influence of the concentration of yeast and residues, adopting an experimental design. Fermentation took place in an air circulation oven at 35 °C, batch system, for 72 h. Semi-solid fermentation using 100% jackfruit bark and 3% yeast concentration provided a greater protein increase. After 72 hours of processing, the maximum crude protein and protein increase reached 13 and 100%, respectively. The protein supplement obtained through the fermentation of jackfruit residues, using yeast as an inoculum, can be used as an alternative in the feeding of ruminants.

Keywords: jackfruit, fermentation, yeast, protein enrichment, animal feed.

1. INTRODUÇÃO

Artocarpus heterophyllus Lam. pertence à família Moraceae, é uma árvore popularmente conhecida como jaqueira, cujo fruto chama-se jaca. Por ser de fácil cultivo, a jaqueira encontra-se bem distribuída no Brasil, sendo mais comum na região litorânea que se estende do sul da Bahia até a Paraíba (Dórea et al., 2013). A jaqueira é capaz de produzir, aproximadamente, 100 frutos em um

curto período de tempo, compreendendo de dezembro a abril (Basso, 2017).

Com uma produção sazonal, grande parte dos frutos não são consumidos pela população e o fruto, em média, é composto de 28% de polpa, sendo o restante quase sempre descartado. Segundo Martins et al. (2020), além do impacto ambiental que os resíduos agroindustriais apresentam, o não aproveitamento dos mesmos constitui desperdício, pois podem ser utilizados na dieta de ruminantes, sendo capazes de substituir constituintes presentes em rações, sem comprometer o desempenho dos animais.

Estudos do consumo da jaca *in natura* na dieta de ruminantes é uma opção na redução de custos com alimentos concentrados. Assim, os aproveitamentos com intenção de incrementar o uso industrial da jaca promovendo a sustentabilidade alimentar e agrícola são necessários, valorizando a produção e seu consumo. E uma alternativa seria o enriquecimento proteico dos resíduos de maneira que possa ser viável sua aplicação na alimentação de ruminantes. O enriquecimento proteico através de microrganismos pode ser realizado por meio da fermentação semissólida (Macedo et al., 2015).

Na tentativa de minimizar os desperdícios da produção e industrialização da jaca, o objetivo deste trabalho foi estudar o processo de enriquecimento proteico dos resíduos da jaca (casca, eixo central e pívide) por fermentação semissólida, com a utilização da *Saccharomyces cerevisiae*, avaliando a influência da concentração de levedura e resíduos no teor proteico, utilizando um planejamento fatorial completo associado à técnica de metodologia de superfície de resposta.

2. METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde (UFCG/CES). Os frutos da jaqueira utilizados neste estudo foram adquiridos no município de Lagoa Seca, Paraíba. Os frutos recolhidos apresentavam mesma coloração e aparente estágio de maturação.

Os frutos após lavagem e sanitização, utilizando-se detergente neutro em água corrente para retirar as impurezas e imersão em água clorada por um período de 15 min, foram pesados e, posteriormente cortados, sendo separado manualmente: polpa, casca, pívide e eixo central. A matéria-prima utilizada no estudo foi os resíduos da jaca (cascas, pívide e eixo central). Em seguida, o material foi triturado em liquidificador, individualmente. Foram utilizados 500g de substrato em todas as fermentações realizadas.

As fermentações foram realizadas em sistema de batelada, utilizando-se biorreatores retangulares de plástico, com dimensões de 10 x 27 x 9 cm. Os biorreatores foram dispostos em estufa de circulação de ar forçado, na temperatura de 35 ± 1 °C, durante um período de 72 h.

Ao substrato foi adicionada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, prensada, fermento biológico comercial, com teor de água de 70% (base úmida) e valor média de proteína bruta de 45% (base seca), na concentração correspondente a 1, 3 e 5%, em relação à massa de substrato. As quantidades de massa de bagaço (pívide e eixo central) adicionada ao substrato composto de casca de jaca foram de 0, 50 e 100%, em relação à massa total do substrato.

Antes, durante e após 72 h de fermentação, foram coletadas amostras para a determinação do teor de água, pH, resíduo mineral fixo e proteína bruta e, calculado o correspondente aumento proteico. O teor de água, pH e o resíduo mineral foram determinados conforme metodologia descrita em Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a determinação da proteína bruta na matéria seca foi utilizado o método Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995).

As determinações do aumento proteico das amostras foram definidas como a razão entre a diferença do valor protéico dos resíduos enriquecidos (%) e o valor de PB do resíduo *in natura* (%), e o valor inicial de PB do resíduo *in natura* (%), como descrito na Equação 1.

$$AP(\%) = \frac{(\%) \text{ Proteína Bruta}_{(\text{enriquecido})} - (\%) \text{ Proteína Bruta}_{(\text{in natura})}}{(\%) \text{ Proteína Bruta}_{(\text{in natura})}} \times 100$$

(1)

Com a finalidade de avaliar quantitativamente a influência das variáveis independentes: concentração inicial de levedura e concentração de bagaço adicionados ao substrato, sobre o aumento proteico, bem como suas possíveis interações com a realização mínima de experimentos, foi realizado um planejamento fatorial 3^2 mais um ponto central, com repetição, totalizando vinte experimentos. Os experimentos foram realizados em ordem aleatória, para evitar o erro sistemático, variando-se simultaneamente a concentração inicial de levedura e concentração de bagaço.

A matriz do planejamento fatorial 3^2 encontra-se na Tabela 1, bem como as variáveis utilizadas nesse planejamento, suas codificações e os níveis reais para cada variável. Cada variável independente foi investigada para um nível alto (+1), um intermediário (0) e um baixo (-1).

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial 3²

Experimentos	Concentração de levedura		Concentração de bagaço	
	Valor Codificado	Valor Real (%)	Valor Codificado	Valor Real (%)
1	-1	1	-1	0
2	-1	1	0	50
3	-1	1	+1	100
4	0	3	-1	0
5	0	3	0	50
6	0	3	+1	100
7	+1	5	-1	0
8	+1	5	0	50
9	+1	5	+1	100
10	0	3	0	50

O *software Statistica* for Windows 8.0 (Statsoft., 2007) foi utilizado para geração e avaliação do planejamento fatorial e análise da regressão dos dados experimentais. A otimização dos resultados, ou seja, os efeitos das variáveis independentes sobre a resposta, foi modelada pelo seguinte modelo matemático (Equação 2), que envolve as variáveis independentes e suas interações para a resposta medida, gerada pelo planejamento fatorial 3²:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2$$

(2)

Onde Y é a variável independente (resposta), enquanto b_0 é a interseção, b_1 , b_2 , b_{12} , b_{11} e b_{22} são coeficientes de regressão; X_1 e X_2 são as variáveis independentes; X_1X_2 é a interação entre as variáveis; X_1^2 e X_2^2 são os termos quadráticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios do teor de água, pH, resíduo mineral fixo e proteína bruta apresentados pelos resíduos casca e bagaço (eixo e pívide) de jaca *in natura* antes da fermentação.

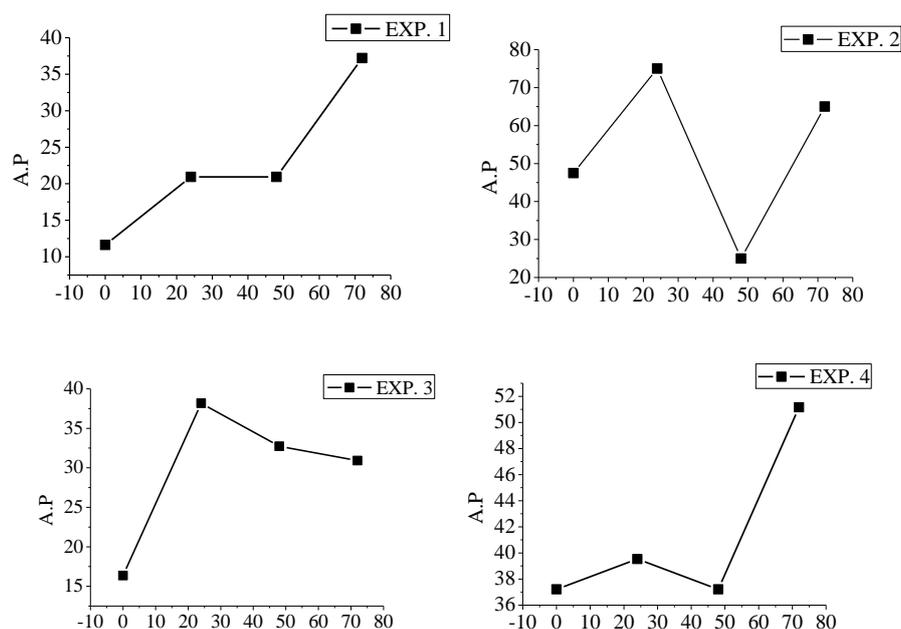
Os teores de água e pHs apresentados pela casca e pelo bagaço foram próximos entre si. No entanto, os valores de resíduo mineral e proteína bruta foram maiores para o bagaço da jaca, demonstrando potencial para o desenvolvimento de novos bioprodutos, como a utilização deste na alimentação animal após processo de enriquecimento proteico, uma vez que estes resíduos *in natura* não cumpre as exigências nutricionais dos animais (Van Soest, 1994).

Tabela 2. Valores dos teores de água, pH, resíduo mineral fixo e proteína bruta da casca e bagaço (eixo e pívide) de jaca antes do processo fermentativo

	Resíduos de Jaca	
	Casca	Bagaço (Eixo e Pívide)
Teor de Água _(b.u) (%)	79,46 ± 0,2	77,9 ± 0,2
pH	5,42 ± 0,02	5,63 ± 0,09
Resíduo Mineral Fixo (%)	3,92 ± 0,06	4,94 ± 0,04
Proteína Bruta _(b.s) (%)	6,27 ± 0,2	8,02 ± 0,3

Dessa forma, as características físicas e químicas de um fruto subutilizado como a jaca indicam a possibilidade de aproveitamento de seus resíduos através do desenvolvimento de um novo produto, a exemplo de um suplemento nutricional. De acordo com Rosales et al. (2018), a fermentação semissólida é um processo viável na utilização desses resíduos como substrato, possibilitando sua utilização na alimentação animal. Além de auxiliar na diminuição do impacto ambiental, o aproveitamento de resíduos de jaca pode ser uma alternativa economicamente interessante na formulação final da ração.

A Figura 1 apresenta a média dos valores de aumento proteico alcançado em cada experimento durante o processo fermentativo, consoantes ao planejamento experimental. Observou-se que a maioria dos experimentos apresentou crescimento ascendente do aumento proteico e que os maiores teores foram alcançados após 72 h de fermentação.



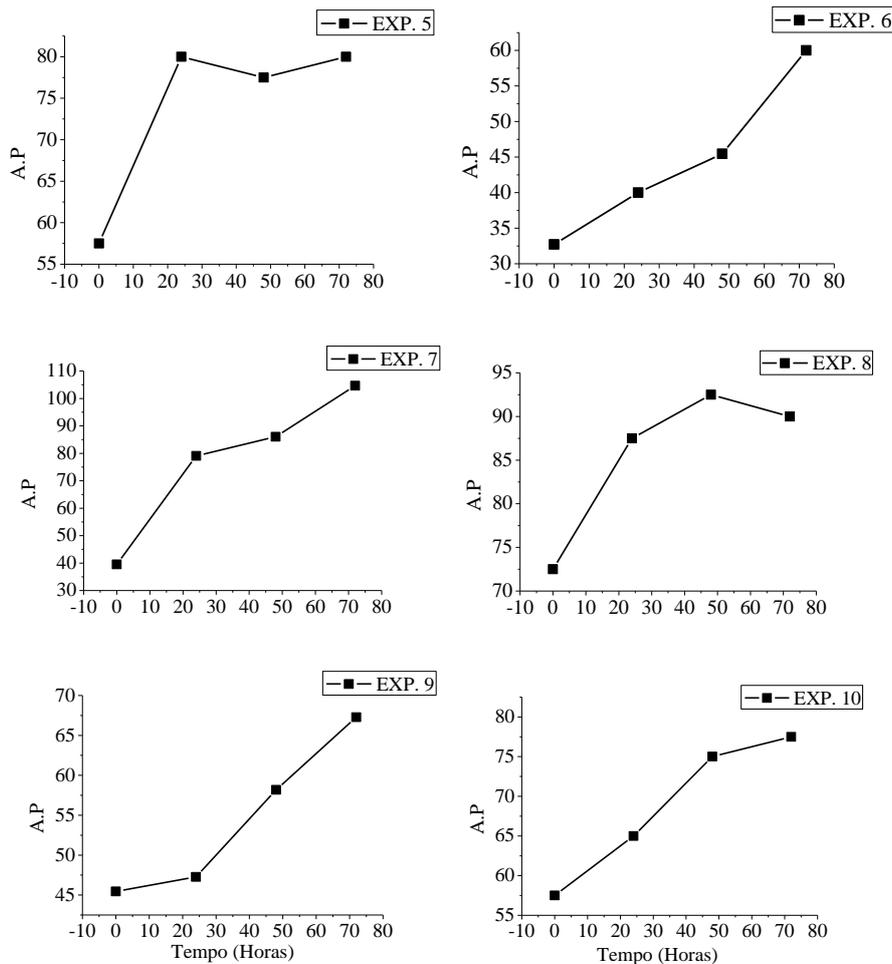


Figura 1. Média dos valores de aumento proteico alcançado nos experimentos realizados com os resíduos de jaca durante o processo fermentativo

No decorrer do processo, verificou-se que o maior percentual de aumento proteico observado foi no experimento 7, que alcançou teor de 105%, correspondendo a 13% de proteína bruta, em base seca. Este experimento foi realizado a uma temperatura de 35 °C com concentrações de 100% casca de jaca e com inoculação de 3% de levedura.

Faz-se necessário obter a quantidade de produto desejada, com menor concentração de inóculo possível, para que não se eleve muito os custos da produção, além do que, altas concentrações podem exaurir o meio, fazendo com que os nutrientes presentes no substrato sejam consumidos nas primeiras horas, causando uma redução no desenvolvimento dos microrganismos ou até mesmo a morte (Santos et al., 2013).

Observa-se que os experimentos realizados variando-se as concentrações de levedura e de bagaço, obtiveram-se valores distintos de aumento proteico (%) e, conseqüentemente, diferentes valores de proteína bruta (%) o que vem a corroborar com Thomas et al. (2013), uma

vez que as concentrações de inóculo combinadas com a disponibilidade de substrato sólido (fonte de carbono) trazem efeitos positivos no que diz respeito a eficiência fermentativa.

Constatou-se que o maior ganho proteico encontrado no substrato cultivado foi de aproximadamente 2,0 vezes, quando comparado ao valor de proteína bruta do substrato *in natura*, correspondendo a 13% de proteína bruta. Verifica-se que os resíduos de jaca aumentaram expressivamente seu teor proteico para 105%, que é semelhante ao valor encontrado por Alexandre et al. (2013) que utilizaram o mesmo microrganismo para enriquecer o resíduo de casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.), numa concentração de inóculo de 3% e temperatura a 34 °C, durante 48 h de processo. Os autores ainda verificaram que o resíduo enriquecido apresentou alto teor de matéria seca (90,27%) e elevado teor de proteína (20,21%) em relação ao resíduo *in natura* (7,61%).

Na Equação 3 está apresentado o modelo de segunda ordem codificado obtido a partir dos dados experimentais estabelecido para a concentração de levedura (C_L) e a concentração de bagaço (C_B), tendo como resposta o aumento proteico (AP). Na equação do modelo empírico, o coeficiente que teve efeito significativo na resposta, ao nível de 95% de confiança, é mostrado em negrito.

$$AP = 78,75 + \mathbf{8,75 C_L} + 5,00 C_L^2 + 4,42 C_B - \mathbf{23,17 C_B^2} - 9,59 C_L \cdot C_B + 15,38 C_L \cdot C_B^2 - 13,52 C_L^2 \cdot C_B + 1,25 C_L^2 \cdot C_B^2 \quad (3)$$

O coeficiente de regressão (R^2) obtido foi igual a 0,999. Isto significa que este modelo de regressão prevê uma boa explicação da relação entre as variáveis independentes (C_L e C_B) e a respostas aumento proteico, ou seja, o modelo proposto consegue explicar com 100%, a variância da resposta. Valores de coeficiente de regressão devem ser próximos da unidade, o que nos mostra que os resultados foram satisfatórios.

A superfície de resposta da influência da concentração de levedura e da concentração de bagaço sobre a resposta Aumento Proteico está apresentada na Figura 2. Observou-se que a temperatura de 35 °C permitiu um desenvolvimento mais rápido da levedura, na concentração de 3% de inóculo e 0% de concentração de bagaço, expressando o seu potencial máximo metabólico e, assim, apresentando melhores teores proteicos para o substrato de jaca após 72 h de processo de fermentação semissólida.

Os maiores valores de aumento proteico foram encontrados com maiores valores de concentração de levedura e os menores valores de concentração de bagaço. O efeito da concentração de levedura foi estudado na faixa de 1 a 5% em relação à massa de substrato

fermentado. Analisando o percentual de aumento proteico encontrado, constata-se que tanto a concentração de levedura quanto a concentração de bagaço tiveram influência no aumento proteico. Relacionando os valores encontrados na Figura 1, verifica-se que o experimento 7 obteve um aumento proteico de cerca de 105%, o que corresponde a um percentual máximo de proteína bruta de 13,0%.

O enriquecimento proteico dos resíduos de jaca por fermentação semissólida para obtenção de produto destinado à ração animal foi satisfatório, uma vez que, utilizou-se um alimento que se encontra na região, de baixo ou nenhum custo como matéria-prima, que vem a agregar valor nutricional ao alimento e o desenvolvimento da comunidade local, além de diminuir os possíveis impactos ambientais proporcionados ao descarte inadequado desses resíduos. Portanto, obteve-se um suplemento proteico que poderá posteriormente ser utilizado como alternativa para alimentação animal.

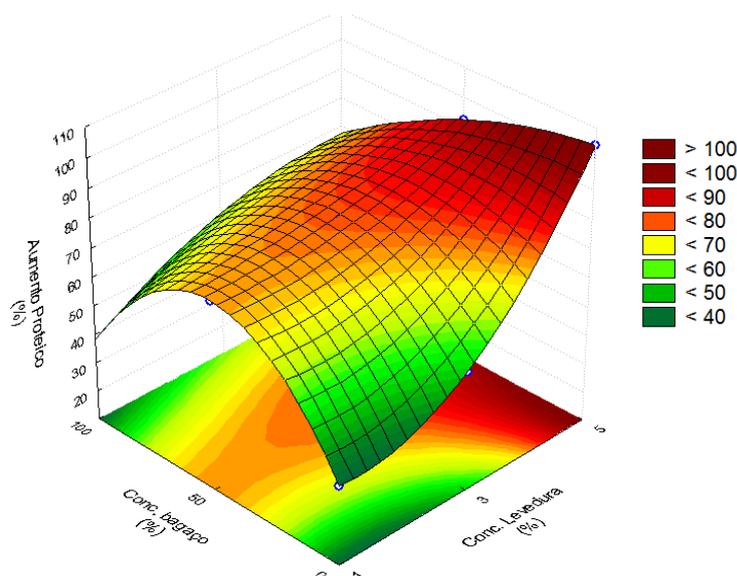


Figura 2. Superfície de resposta do efeito da concentração de levedura *versus* concentração de bagaço tendo como resposta o aumento proteico

5. CONCLUSÃO

A fermentação semissólida a 35 °C utilizando 100% de casca de jaca e 3% de concentração de levedura proporcionou maior aumento proteico. Após 72 h de fermentação, o teor máximo de proteína bruta e de aumento proteico alcançados nas fermentações realizadas foi de 13 e 105%, respectivamente.

O suplemento proteico obtido através da fermentação de resíduos da jaca, utilizando levedura *S. cerevisiae* como inóculo, pode ser utilizado como uma alternativa na alimentação de ruminantes.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.640–646, 2013.

BASSO, A. M.. **Jaca: um estudo de sua química e uma resenha de sua história** / Adriano Martinez Basso, Maria de Fátima Vitória de Moura: projeto gráfico; diagramação e capa: Charles Bamam Medeiros de Souza; revisão linguística: Maria Clara Lucena de Lemos - Natal: IFRN, 2017.

DÓREA, J. R. R.; PEREIRA, L. G. R.; FERREIRA, A. L.; SILVA, T. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; GOUVÊA, V. N.; FRANCO, A. L. C. Composição bromatológica e dinâmica de fermentação da silagem de jaca. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1967-1976, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análises de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon; Neus Sadoco Pascuet & Pablo Tigea. São Paulo, Ed. 4, **1ª Edição Digital**, 2008.

MACEDO, A. D. B.; SOUSA, A. P. M.; OLIVEIRA, J. A. M.; MATTOS, M.A.; SANTANA, R. A. C.; CAMPOS, A. R. N. Bioconversão da palma forrageira e do sisal como alternativa para a alimentação animal. **Blucher chemistry Proceedings**, vol. 3, n. 1, 2015.

MARTINS, L. H. S.; KONAGANO, E. M. H.; SOUZA, R. L. L. S.; LOPES, A. S. Análise físico-química de diferentes resíduos agroindustriais para possível utilização na indústria. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 6936-6948, 2020.

ROSALES, E.; PAZOS, M.; SANROMÁN, M. A. Solid-state sermentation for food applications. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**, p.319-355, 2018.

Brazilian Applied Science Review

SANTOS, T.C.; ROCHA, T.J.O.; OLIVEIRA, A.C.; ABREU FILHO, G.A.; FRANCO, M. *Aspergillus niger* como produtor de enzimas celulolíticas a partir farelo de cacau (*Theobroma cacao*). Arquivos do Instituto Biológico, v.80, n.1, p.65-71, 2013.

STATSOFT, Inc. (2007). Statistica (data analysis software system), version 8. <https://statistica.software.informer.com/8.0/>.

TEDESCO, J. M.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. UFRGS, Porto Alegre-RS, 1995.

THOMAS, L.; LARROCHE, C.; PANDEY, A. Current developments in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 81, p. 146-161, 2013.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of ruminant. Ithaca. **Cornell University Press**. 476 p, 1994.