

Enriquecimento proteico de resíduos de frutas tropicais por cultivo semissólido

Protein enrichment of tropical fruit residues by semi-solid cultivation

Enriquecimiento proteico de residuos de frutas tropicales mediante cultivo semi-sólido

Recebido: 07/03/2022 | Revisado: 14/03/2022 | Aceito: 23/03/2022 | Publicado: 29/03/2022

Janaína Maria de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8380-2663>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: janamlima23@gmail.com

Oswaldo Soares da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4608-0638>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: osvaldo@ccta.ufcg.edu.br

Lívia Dantas Porto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5657-712X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: liviadantas.p@gmail.com

Lidiane Fernandes Barbosa de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4788-3608>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: lidiane.lindarily12@gmail.com

Caio Franklin Vieira de Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0364-164X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: Caiovieirafigueiredo@gmail.com

Severina de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5823-9549>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: sev Sousa@gmail.com

Resumo

Uma maneira eficaz de gerenciar adequadamente os resíduos agroindustriais oriundos do processamento de frutas é por meio de sua biotransformação em produtos de alto valor agregado. A fermentação, por exemplo, é uma tecnologia que se mostra eficiente na conversão de substratos com alto conteúdo de lignina e baixa quantidade de proteínas, tais como resíduos de origem vegetal, em materiais proteicamente enriquecidos. Desse modo, objetivou-se avaliar o processo de enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi, através de fermentação semissólida, com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. O resíduo foi triturado, fermentado com 9% de inóculo e submetido a análises granulométrica e físico-químicas (teor de água, proteína bruta e sólidos solúveis totais). O resultado da granulometria demonstrou que o tamanho das partículas seguiu uma distribuição normal, com diâmetro médio de 1,31 mm. Verificou-se que houve declínio nos teores de água e sólidos solúveis totais do resíduo, enquanto o seu teor proteico foi favorecido, aumentando em relação ao tempo de fermentação. Os dados experimentais obtidos nesse estudo evidenciaram que a ação das leveduras agiu de forma benéfica sobre o resíduo, melhorando o seu valor nutricional e, portanto, viabilizando o seu uso na indústria de alimentos como matéria-prima de misturas para o suprimento proteico.

Palavras-chave: Fermentação semissólida; Resíduo de abacaxi; Melhoramento nutricional.

Abstract

An effective way to properly manage agro-industrial residues from fruit processing is through their biotransformation into high value-added products. Fermentation, for example, is a technology that has proven to be efficient in converting substrates with a high content of lignin and a low amount of proteins, such as residues of vegetable origin, into protein-enriched materials. Thus, the aim was to evaluate the process of protein enrichment of pineapple residue, through semi-solid fermentation, using *Saccharomyces cerevisiae* yeast. The residue was crushed, fermented with 9% inoculum, and submitted to subjected to particle size and physicochemical analysis (water content, crude protein, and total soluble solids). The particle size result showed that the particle size followed a normal distribution, with an average diameter of 1.31 mm. It was verified that there was a decline in the water and total soluble solids contents of the residue, while its protein content was favored, increasing about the fermentation time. The experimental data obtained in this study showed that the action of yeasts acted beneficially on the residue, improving its nutritional value and, therefore, enabling its use in the food industry as raw material for mixtures for protein supply.

Keywords: Semi-solid fermentation; Pineapple residue; Nutritional improvement.

Resumen

Una forma efectiva de gestionar adecuadamente los residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de frutas es a través de su biotransformación en productos de alto valor agregado. La fermentación, por ejemplo, es una tecnología que demuestra ser eficiente para convertir sustratos con alto contenido de lignina y baja cantidad de proteínas, como los residuos de origen vegetal, en materiales enriquecidos con proteínas. Así, el objetivo fue evaluar el proceso de enriquecimiento proteico del orujo de piña, mediante fermentación semisólida, utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. El residuo fue molido, fermentado con 9% de inóculo y sometido a análisis granulométricos y fisicoquímicos (contenido de agua, proteína bruta y sólidos solubles totales). El resultado de la granulometría mostró que el tamaño de partícula siguió una distribución normal, con un diámetro promedio de 1,31 mm. Se verificó que hubo una disminución en los contenidos de agua y sólidos solubles totales del orujo, mientras que se favoreció su contenido proteico, incrementándose en relación al tiempo de fermentación. Los datos experimentales obtenidos en este estudio mostraron que la acción de las levaduras tuvo un efecto beneficioso sobre el residuo, mejorando su valor nutritivo y, por tanto, posibilitando su uso en la industria alimentaria como materia prima para mezclas para aporte proteico.

Palabras clave: Fermentación semisólida; Residuos de piña; Mejora nutricional.

1. Introdução

As frutas frescas apresentam elevado grau de perecibilidade, porém o seu uso pode ser diversificado, para além do consumo in natura, através de processos tecnológicos, que permitem transformá-las em sucos, polpas, geleias e doces. Por outro lado, o processamento desses produtos gera quantidades significativas de resíduos, uma vez que as partes desejáveis, geralmente polpas, são separadas de outros constituintes como cascas, bagaços e sementes (Silva & Abud, 2017). Estes resíduos, por sua vez, não são devidamente reaproveitados, o que se deve à falta de valor comercial desses subprodutos (Santana Neto *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2021). É preciso ressaltar, no entanto, que os resíduos de frutas possuem em sua composição altas concentrações de substâncias importantes para as funções fisiológicas, como vitaminas, minerais fibras e compostos antioxidantes (Sousa *et al.*, 2011).

Os resíduos agroindustriais oriundos do processamento de frutas podem acarretar sérios problemas ambientais, decorrentes do manejo e descarte inadequados durante o processamento, distribuição, armazenamento e conservação das frutas ao longo de toda a cadeia produtiva (Lipinski *et al.*, 2018). O gerenciamento apropriado desses resíduos, que podem causar poluição ambiental e efeitos prejudiciais à saúde humana e animal quando não tratados corretamente, é fundamental para viabilizar um saneamento ambiental bem-sucedido. Uma maneira eficaz de alcançar este objetivo é por meio da biotransformação de resíduos em produtos de alto valor agregado (Aruna *et al.*, 2017).

A fermentação, por exemplo, é uma tecnologia que se mostra eficiente na conversão de substratos com alto conteúdo de lignina e baixa quantidade de proteínas, tais como resíduos de origem vegetal, em materiais proteicamente enriquecidos (Luciano *et al.*, 2014). Durante o período de enriquecimento proteico, é importante incluir a técnica de secagem para impedir a deterioração do produto. A secagem é um processo que preserva a qualidade dos alimentos, visto que nele ocorre grande perda de água, criando condições desfavoráveis para o crescimento de microrganismos em um determinado estágio e, assim, permitindo ao produto longos períodos de armazenamento, ao mesmo tempo em que conserva suas características físicas e nutritivas (Martinazzo *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2016).

Dentre os tipos de processos fermentativos, o cultivo semissólido merece destaque. Este pode ser definido como um procedimento que envolve partículas em matriz sólida e ausência de água livre, porém possui a umidade necessária que garante o crescimento e metabolismo de microrganismos (Alcântara *et al.*, 2013). A levadura *Saccharomyces cerevisiae* é comumente utilizada no processo de fermentação semissólida, devido a sua alta eficiência na metabolização de carboidratos complexos em biomassa rica em teor proteico, além de não estabelecer relações patogênicas com o ser humano e, ainda, poder melhorar o perfil de aminoácidos em resíduos vegetais fermentados (Aruna *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2020). O enriquecimento proteico utilizando microrganismos pode ser realizado por meio de fermentação semissólida (FSS), que pode ser definida como um “ tipo de fermentação que envolve sólidos na ausência ou quase ausência de água livre, na qual o substrato deve possuir teor de

água suficiente para permitir o crescimento e metabolismo dos microrganismos.” (Pandey, 2003)

Nessa perspectiva, visando minimizar o desperdício de alimentos e levando em consideração o potencial produtivo de frutas tropicais brasileiras, como o abacaxi, este trabalho objetivou avaliar o processo de enriquecimento proteico dos resíduos dessa fruta, através de fermentação semissólida, com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

2. Metodologia

O experimento foi desenvolvido nos laboratórios da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, localizado no campus de Campina Grande, Paraíba. A matéria-prima utilizada foi resíduo de abacaxi e, para promover o enriquecimento proteico do mesmo, utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico de pães e derivados, seco), ambos obtidos no comércio local da cidade de Campina Grande.

Para a realização da fermentação semissólida, o resíduo de abacaxi, previamente triturado em processador, foi disposto em bandeja de alumínio e levado a uma estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 37 °C, juntamente com 9% de levedura. Durante o processo fermentativo, foram coletadas amostras em seis intervalos de tempo distribuídos ao longo de 65 horas (0, 19, 24, 40, 48 e 65 horas), sendo posteriormente acondicionadas em recipientes de alumínio e levadas a uma estufa de esterilização a 55 °C, a fim de interromper a fermentação. Decorrido o tempo de fermentação e secagem, as amostras foram trituradas em moinho de facas e colocadas em embalagens de polietileno para a caracterização do resíduo enriquecido, onde determinou-se a distribuição granulométrica e os teores de sólidos solúveis totais, proteína bruta e água.

As análises de umidade, proteínas e sólidos solúveis totais foram realizadas conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de umidade, expresso em porcentagem, foi baseado na determinação da perda de peso do resíduo submetido ao aquecimento em estufa a 105 °C, até peso constante. A proteína bruta foi obtida pelo método de Kjeldahl, utilizando o fator de conversão genérico de 6,25 para transformação do teor de nitrogênio quantificado em percentual proteico. Os sólidos solúveis foram determinados por meio de refratômetro digital, sendo os resultados expressos em °Brix.

A análise granulométrica foi feita de acordo com as recomendações da NBR – 7181 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1984). Foram usadas peneiras com mesh de 8, 12, 16, 20 e 30. Após o peneiramento em agitador magnético, o material retido em cada peneira foi pesado e, a partir desses dados, foi estabelecida uma relação entre o percentual de fração retida (X_i) e o diâmetro médio das partículas (DPI).

3. Resultados e Discussão

Os sólidos solúveis totais do resíduo de abacaxi enriquecido apresentaram um declínio que variou de 12,0 a 3,0 °Brix, indicando que, à medida que o açúcar é consumido pelas leveduras, ocorre o aumento proteico (Silva *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2021), já que o teor de proteína aumentou (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de proteínas e °Brix do resíduo de abacaxi enriquecido.

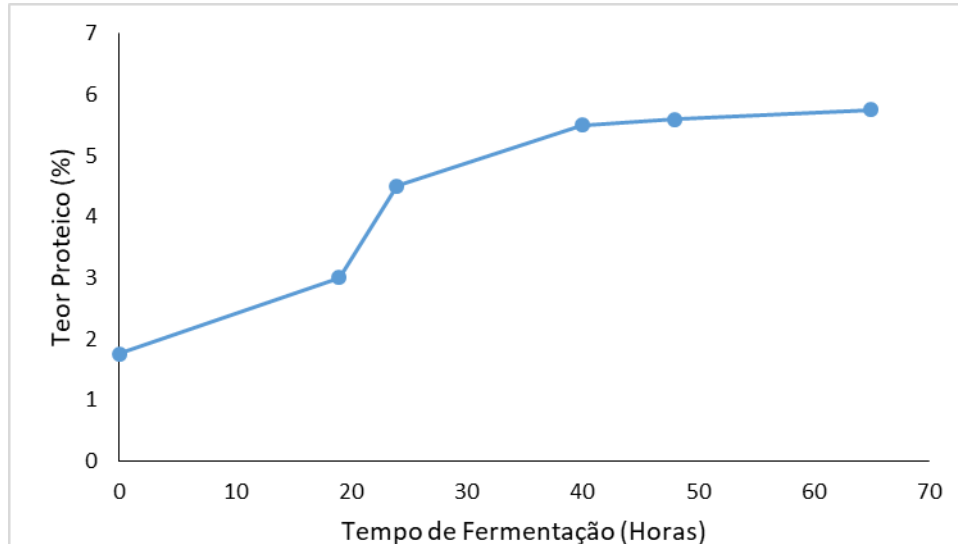
Variáveis	Tempo (hora)					
	0	19	24	40	48	65
Sólidos Solúveis Totais, °Brix	12,0	9,0	7,0	5,0	4,0	3,0
Proteínas, %	1,75	3,00	4,50	5,50	5,60	5,75

Fonte: Dados da Pesquisa.

Observa-se que quanto maior o tempo de fermentação, maior é o teor proteico, visto que no início do processo este valor foi de 1,75%, e no término (após 65 horas) aumentou para 5,75%, confirmando que os açúcares são convertidos em proteínas (Santana Neto *et al.*, 2017). Também se nota que, a partir de 40 horas de fermentação, o teor proteico tendeu à

estabilidade, sofrendo pouca variação nas horas subsequentes (Figura 1). Os trabalhos de Alexandre *et al.* (2013), Silva *et al.* (2016), Santana Neto *et al.* (2017), Silva *et al.* (2017), Campos *et al.* (2018), Soares *et al.* (2020), Sousa *et al.* (2020) e Sousa *et al.* (2021), sobre cultivo semissólido com resíduos de abacaxi e de outras frutas tropicais, também verificaram aumentos nos níveis proteicos dos resíduos, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

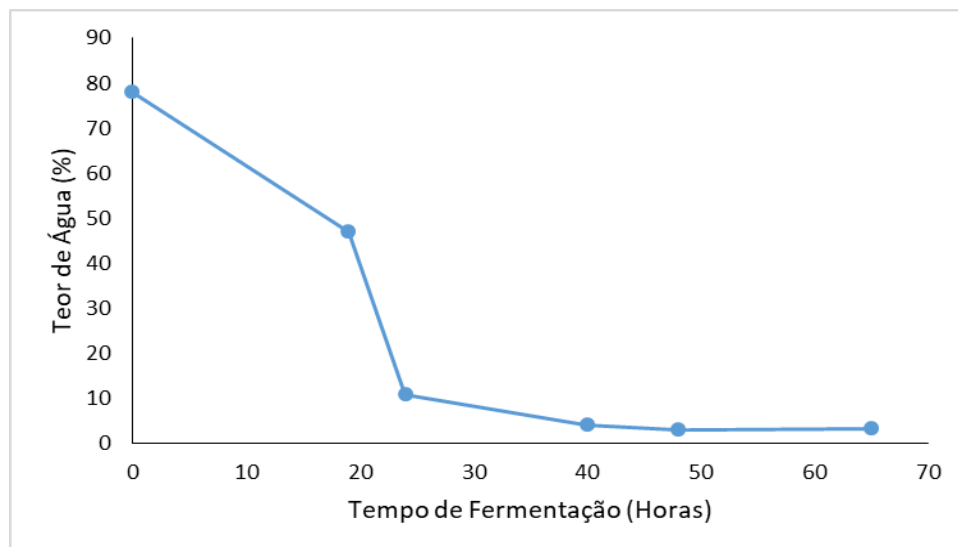
Figura 1. Variação do teor proteico do resíduo de abacaxi durante o processo fermentativo.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A Figura 2 mostra o comportamento do decréscimo do teor de água presente no resíduo de abacaxi, durante o processo de fermentação. É possível perceber que este apresentou elevado teor de água no início do processo, cerca de 78%, indicando que o resíduo estava adequado para fermentação, uma vez que os valores ideais devem estar entre 30 e 85% (Sousa, 2009).

Figura 2. Teor de água do resíduo de abacaxi durante o processo fermentativo.



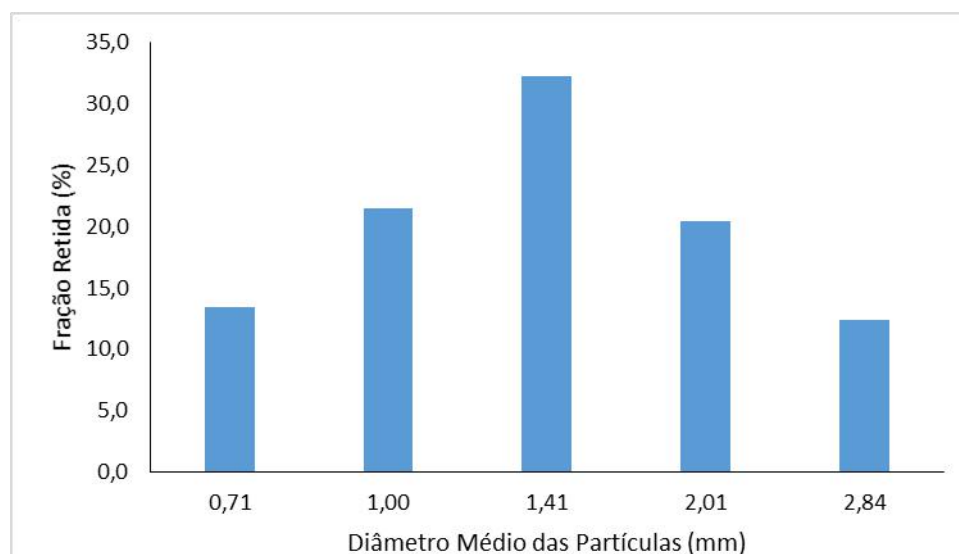
Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao final do processo, houve perda significativa de água, cujo valor diminuiu para aproximadamente 3%, o que pode

ser justificado pelas atividades metabólicas das leveduras ocorridas durante o cultivo (Fonseca *et al.*, 2019), sendo esta diminuição importante para a concentração de nutrientes no produto final (Silva *et al.*, 2016).

Na Figura 3 se encontram os resultados da granulometria do resíduo de abacaxi seco, onde é mostrado o percentual de fração retida em função do diâmetro médio das partículas. Pelo aspecto do histograma, o tamanho das partículas segue uma distribuição normal, relativamente uniforme, sendo conveniente calcular o diâmetro médio da distribuição, cujo valor deu aproximadamente 1,31 mm.

Figura 3. Distribuição granulométrica do resíduo de abacaxi seco.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O tamanho das partículas dos resíduos influencia diretamente no processo de fermentação semissólida, pois partículas muito pequenas, embora ofereçam maior área superficial ao ataque microbiano, tendem a compactar-se facilmente, dificultando a respiração e aeração do sistema, além de prejudicar no rendimento do processo. Já partículas muito grandes, por promoverem mais espaços interpartículas, prejudicam a absorção dos nutrientes pelos microrganismos (Souza *et al.*, 2010; Alcântara *et al.*, 2013).

4. Conclusão

Os dados experimentais obtidos com a caracterização do resíduo enriquecido de abacaxi, evidenciaram que a ação da levedura *Saccharomyces cerevisiae* durante o processo fermentativo agiu de forma benéfica sobre o resíduo, visto que o mesmo teve seu teor de proteína elevado em relação ao tempo de fermentação, melhorando o seu valor nutricional e, portanto, viabilizando o seu uso como matéria-prima de misturas para o suprimento proteico, tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal. Sendo assim, a técnica de cultivo semissólido, empregada em resíduos de frutas tropicais, torna-se uma possível sugestão para a indústria de alimentos.

Referências

- Alcântara, S. R., Sousa, C. A. B., Almeida, F. A. C., & Gomes, J. P. (2013). Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15, 349-355.
- Alexandre, H. V., Silva, F. L. H., Gomes, J. P., Silva, O. S., Carvalho, J. P. D., & Lima, E. E. (2013). Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 640-646.

Aruna, T. E., Aworh, O. C., Raji, A. O., & Olagunju, A. I. (2017) Protein enrichment of yam peels by fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* (BY4743). *Annals of Agricultural Sciences*, 62, 33-37.

Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT. (1984) NBR 7181: *Solo – Análise granulométrica*.

Campos, A. R. N., Santana, R. A. C., Oliveira, L. C., Dantas, J. P., & Silva, F. L. H. (2018) *Enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo de caju por levedura*. In: IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.

Fonseca, J. V. S., Andrade, M. L., Nogueira, L. P. S., Santos, J., & Feitoza, J. V. F. (2019) Enriquecimento proteico de resíduo de frutas através de fermentação semi-sólida utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. *Higiene Alimentar*, 33, 604-608.

Instituto Adolfo Lutz - IAL. (2008) Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz: *Métodos físicos e químicos para análise de alimentos*. 4 ed. São Paulo.

Lipinski, A.J.; Lipinski, S., & Kowalkowski, P. (2018) Utilization of post-production waste from fruit processing for energetic purposes: analysis of polish potential and case study. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20, 1878–1883.

Luciano, R. C., Serralheiro, C., Araújo, L. F., Reis, A. M., Aguiar, E. M., & Borba, L. H. F. (2014) Enriquecimento proteico de resíduos do abacaxi para alimentação alternativa de ruminantes. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 8, 47-52.

Martizazzo, A. P., Melo, E. C., Corrêa, P. C., & Santos, R. H. S. (2010) Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 12, 488-498.

Pandey, A. (2003). Solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 13, 81-84.

Santana Neto, D. C., Onias, E. A., Araújo, J. S. F., Alves, A. M. A., & Silva, O. S. (2017) Avaliação do processo de enriquecimento proteico de resíduo de abacaxi. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12, 95-99.

Silva, G. M. S., Costa, J. S., Cabral Filha, M. C. S., Lima, A. B. S., & Silva, O. S. (2016) Enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi mediante fermentação semissólida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11, 39-44.

Silva, C. E. F., & Abud, A. K. S. (2017) Tropical Fruit Pulps: Processing, Product Standardization and Main Control Parameters for Quality Assurance. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 60, 1-19.

Silva, J. L., Silva, O. S., Alves, F. M. S., Vieira, N. C., & Nascimento, A. M. (2017) Enriquecimento proteico de resíduo de umbu-cajá empregando fermentação semissólida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12, 854-857.

Soares, W. K. A., Pinheiro, L. S. S., Xavier, L. E., Araújo, J. S. F., Albuquerque, T. N., & Silva, O. S. (2020) Enriquecimento proteico de resíduos de caju (*Anacardium occidentale* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.) por via fermentativa. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 14, 235-238.

Sousa, B. A. A. (2009) *Funcionalidades dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semissólido de resíduos de abacaxi (Ananas comosus L.) e goiaba (Psidium guajava L.)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Sousa, M. S. B., Vieira, L. M., Silva, M. J. M., & Lima, A. (2011) Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 35, 554-559

Sousa, A. P. M., Macedo, A. D. B., Silva, A. P. F., Costa, J. D., Dantas, D. L., Apolinário, M. O., Santana, R. A., & Campos, A. R. N. (2020) Protein enrichment of jackfruit residues by semi-solid fermentation. *Brazilian Applied Science Review*, 4, 987-997.

Sousa, S. M. F., Silva, R. S., Silva, O. S., Oliveira, A.S., Nogueira, L. P. S., Lima, M. E. P., Araújo, M. A., & Nunes, J. S. (2021). Enriquecimento proteico do resíduo da goiaba (*Psidium guajava* L.) por meio da fermentação semissólida. *Research, Society and Development*, 10, e385101422050.

Souza, R. L. A., Oliveira, L. S. C., Silva, F. L. H., & Amorim, B. C. (2010) Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semissólida utilizando-se resíduo de maracujá como substrato. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 987-992.