

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de residuos orgánicos generados en una plaza de mercado de Bogotá

Physicochemical and microbiological characterization of organic waste generated in a marketplace in Bogotá

Luis Carvajal

lfcarvajal@misena.edu.co

Semillero en biotecnología
Grupo de Investigación en Procesos Industriales
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

Juan Heredia

jpheredia@misena.edu.co

Instructor
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

Luna Manrique

luna.manrique11@misena.edu.co

Semillero en biotecnología
Grupo de Investigación en Procesos Industriales
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

Etna Sánchez

esanchezc@sena.edu.co

Instructor
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

David Cubillos

dcubillos82@misena.edu.co

Semillero en biotecnología
Grupo de Investigación en Procesos Industriales
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

Karen Escobar

kescobar945@misena.edu.co

Semillero en biotecnología
Grupo de Investigación en Procesos Industriales
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

Andrés Sánchez

afsanchez771@misena.edu.co

Semillero en biotecnología
Grupo de Investigación en Procesos Industriales
Centro de Gestión Industrial, Distrito Capital
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

RESUMEN

La generación de residuos es una problemática que afecta la población a nivel mundial y local, razón por la cual la búsqueda de alternativas de aprovechamiento se ha convertido en las últimas décadas en una fuente recurrente de estudio. Teniendo en cuenta que en Colombia se generan aproximadamente 9 millones de residuos vegetales, que las plazas de mercado en Bogotá son uno de los mayores generadores de este tipo de residuos y que las estrategias para su aprovechamiento son escasas, en este estudio se ha propuesto la caracterización preliminar fisicoquímica y microbiológica de los residuos orgánicos generados en una plaza de mercado, con el ánimo de establecer alternativas biotecnológicas para su aprovechamiento. La caracterización se realizó en seis tipos de residuos diferentes, recolectados de la plaza de mercado del Restrepo - Bogotá D.C. A nivel fisicoquímico se determinó el porcentaje de humedad, cenizas, nitrógeno y proteínas. Para la evaluación microbiológica se realizó el recuento de bacterias totales, amilolíticas, celulolíticas, ligninolíticas, lipolíticas y proteolíticas. Se encontró que el porcentaje de humedad de los residuos estuvo entre 64,1209% y 89,3089%, el de cenizas entre 0,4614% y 1,6517%, el de nitrógeno fue de 0,0976% a 0,2375% y el de proteínas de 0,6098% a 1,4845%. El recuento para las bacterias mesófilas totales fue de $3,7 \times 10^8$ UFC/g. Las bacterias lipolíticas presentaron la mayor concentración ($2,3 \times 10^8$ UFC/g), mientras que las proteolíticas presentaron el menor un recuento ($1,3 \times 10^8$ UFC/g). De las bacterias aisladas a partir de los residuos se seleccionaron 24 cepas proteolíticas, 11 celulolíticos y 4 amilolíticas.

Palabras clave: Residuos orgánicos, proteína total, humedad, caracterización microbiológica, bacterias totales.

ABSTRACT

The generation of waste is a problem that affects the population at a global and local level, which is why the search for alternative use has become a recurring source of study in recent decades. Taking into account that approximately 9 million plant waste is generated in Colombia, that the marketplaces in Bogotá are one of the largest generators of this type of waste and that the strategies for its use are scarce, this study has proposed the preliminary physicochemical and microbiological characterization of organic waste generated in a market place, with the aim of establishing biotechnological alternatives for its use. The characterization was carried out on six different types of waste, collected from the Restrepo marketplace - Bogotá D.C. At the physicochemical level, the percentage of moisture, ash, nitrogen, and proteins was determined. For the microbiological evaluation, the count of total, amylolytic, cellulolytic, ligninolytic, lipolytic and proteolytic bacteria was performed. It was found that the percentage of humidity of the waste was between 64.1209%

and 89.3089%, that of ashes between 0.4614% and 1.6517%, that of nitrogen was from 0.0976% to 0.2375% and that of proteins from 0.6098% to 1.4845%. The count for total mesophilic bacteria was 3.7×10^8 CFU / g. Lipolytic bacteria had the highest concentration (2.3×10^8 CFU / g), while proteolytic bacteria had the lowest count (1.3×10^8 CFU / g). Of the bacteria isolated from the residues, 24 proteolytic, 11 cellulolytic and 4 amylolytic strains were selected.

Key words: Organic waste, total protein, moisture, microbiological characterization, total bacteria.

INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos son una problemática mundial que ha incrementado en los últimos años. En 2016 se generaron 2010 millones de toneladas de residuos sólidos a nivel global, 44% fueron residuos orgánicos, recuperándose 19% mediante reciclaje y (Kaza, 2018). De los residuos generados en Colombia, el 18% provienen de centrales de abastecimiento de mercado y son dispuestos en rellenos sanitarios (Vargas, Trujillo, & Torres, 2019). Las aplicaciones biotecnológicas permiten la transformación de residuos agroindustriales y domésticos como alternativa frente a la crisis económico-energética (Sánchez, 2009). La obtención de bioetanol, enzimas y levaduras a partir de residuos proteicos y lignocelulósicos, contribuyen en el aprovechamiento de biomasa residual (Ravindran, 2018). Este estudio pretende la caracterización fisicoquímica y microbiológica de residuos generados en una plaza de mercado para establecer futuras alternativas de su aprovechamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

• Muestreo y pretratamiento de los residuos:

Los residuos orgánicos se recolectaron de la plaza de

mercado del Restrepo (Bogotá D.C) por el método de cuarteo, realizando tres muestreos en diferentes días. Estos se clasificaron de R1 a R6 (Tabla 1) y de cada uno se tomaron aproximadamente 500 g de muestra. Para el análisis microbiológico se realizó una muestra compuesta de 100 g. Para el pretratamiento se pesaron 200 g de R1 a R6, se lavaron, cortaron, secaron a 90°C hasta peso constante y se almacenaron a -80°C hasta su caracterización fisicoquímica.

• Determinación de humedad y cenizas

Se pesaron 20 g de R1 a R6 y se secaron en estufa por 12 h a 90 °C. Las muestras deshidratadas se pesaron y por diferencia de pesos se calculó el porcentaje de humedad. Se tomaron 1,5 g de R1 a R6 y se llevaron a una mufla a 500°C por 4 h. Se tomó el peso final cada muestra y por diferencias de pesos se calculó el porcentaje de cenizas.

• Cuantificación de nitrógeno total por método

Kjeldahl y determinación de proteínas:

1,5 g de R1 a R6 macerados se llevaron a digestión con 12,5 mL de H_2SO_4 al 98% y un catalizador a 400°C por 2 h. Se realizaron dos blancos con el mis-

mo procedimiento reemplazando los residuos por glucosa. Los tubos se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se destilaron para su alcalinización. El amoníaco fue recuperado sobre una solución concentrada de ácido bórico y el nitrógeno amoniacal cuantificado por volumetría con HCl 0,15 M. El porcentaje de proteínas se calculó multiplicando el contenido de nitrógeno total por el factor 6,25.

- **Preparación de Medios de Cultivo:**

Se prepararon los medios: Plate Count - Merck® (PC), agar almidón 1% (AA), agar carboximetilcelulosa 1% (CMC), agar tween 80 1% (AT), agar leche 1% (AL) y agar extracto salvado de trigo 17,5% (AS). La concentración de agar - agar en todos los medios fue del 1,5% p/v. El pH se ajustó a 6,8.

- **Caracterización microbiológica:**

Para determinar las UFC/g de la muestra compuesta, esta se diluyó de 10^{-1} hasta 10^{-6} , se sembró en superficie de AA, AL, AS, AT, CMC, PC y PDA y se incubó a 37°C por 48 h.

- **Preselección de cepas amilolíticas, celulolíticas y proteolíticas:**

Se sembraron diferentes colonias amilolíticas, celulolíticas y proteolíticas por punción en AA, CMC y AL y se llevaron a 37°C por 48 h. La actividad enzimática se identificó por la presencia de un halo de hidrólisis en las colonias y se aislaron por estría.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica de los residuos se hizo para cada uno de los 3 muestreos realizados y los datos reportados son el promedio de los resultados obtenidos en cada uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Determinación de humedad y cenizas de los residuos:**

R1 tuvo el menor porcentaje de humedad y de cenizas mientras que R6 el mayor (Tabla 1). La humedad de R1 a R6 fue similar a la reportada en otros residuos de tubérculos (61,58 al 84,6%) frutas (68,54 al 86,30%), plantas (29,84 al 61,72%), vainas (69,3 al 77,2%) y vegetales como hortalizas y verduras (75,0 al 90,0%) (Longjan & Dehouche, 2018; Sawyerr, Trois, & Workneh, 2019; Tedesco,

Tabla 1. Resultados de la caracterización fisicoquímica de residuos orgánicos generados en plazas de mercado

Residuo orgánico	% Humedad	% Cenizas	% Nitrógeno	% Proteína
R1 (Tubérculos)	64,1209	0,4614	0,0976	0,6098
R2 (Frutas)	86,5186	0,5347	0,1009	0,6986
R3 (Plantas)	79,1920	0,8150	0,1868	1,1675
R4 (Hortalizas)	79,9444	1,3486	0,2375	1,4845
R5 (Vainas)	77,1219	0,4964	0,1030	0,6439
R6 (Verduras)	89,3089	1,6517	0,1824	1,1401

Scarioni, Tava, Panseri, & Zuorro, 2021). Las cenizas de R1 a R6 fueron menores a las de otros residuos agroindustriales (>1,3%) (Sawyerr, Trois, & Workneh, 2019).

• Cuantificación de nitrógeno total por método

Kjeldahl y determinación de proteínas:

R4 presentó el mayor porcentaje de nitrógeno y proteína, mientras que el más bajo fue el de R1 (Tabla 1). La proteína en tubérculos se encuentra entre 0,5 a 5,4% (Bacha et al., 2011), rango en el cual está R1. El porcentaje de proteína R2, R3, R4 y R6 es comparable con el reportado en muestras de origen similar a los residuos evaluados (0,62% a 0,86%; 1,20% a 3,20%; 1,0% a 3,4%) (Franzen et al., 2019; Hwang, Koo, Jo, & Cho, 2020). Por el contrario, R5 presentó un contenido menor al reportado en vainas de frijol verde (1,60 a 2.00%) (Nemeskéri, 2012).

• Caracterización microbiológica:

Las bacterias lipolíticas presentaron mayor concentración (Tabla 2) y esta se encuentra dentro del rango reportado en residuos de comida por Tsai, Liu, & Yang (2007). Las proteolíticas presentaron menor recuento, pero este es mayor al reportado en otros residuos (Pepe, Ventorino, & Blaiotta, 2013).

Tabla 2. Resultados de la caracterización microbiológica de residuos orgánicos generados en plazas de mercado

Tipo de microorganismo	UFC/g	Número de cepas preseleccionadas*
Bacterias totales	3,7x10 ⁸	No Aplica
Amilolíticas	1,7x10 ⁸	4 de 24
Celulolíticas	1,9x10 ⁸	11 de 28
Ligninolíticas	1,5x10 ⁸	No Aplica
Lipolíticas	2,3x10 ⁸	No Aplica
Proteolíticas	1,3x10 ⁸	24 de 40

Aunque las bacterias proteolíticas presentaron menor concentración, de estas se logró seleccionar el mayor número de cepas. De las amilolíticas, con mayor recuento, se seleccionaron cuatro cepas (Tabla 2), comparable a lo reportado en suelos de vertederos de residuos de plazas de mercado, en donde se seleccionaron 8 cepas amilolíticas de 100 bacterias (Saha et al., 2019). Así mismo, de 34 aislamientos obtenidos en residuos agroindustriales, 28 presentaron actividad proteolítica, 15 amilolítica y 11 celulolítica (Mazzucotelli, Ponce, Kotlar, & Moreira, 2013).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con las características fisicoquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos generados en una plaza de mercado, estos pueden ser biotransformados en productos de interés industrial como compost y biogás gracias a su contenido de nitrógeno y carga microbiana diversa y especializada en la hidrólisis de moléculas compuestas por carbono y nitrógeno como almidón, celulosa y proteínas. Propiedades que también permiten el aprovechamiento de esta biomasa residual en la obtención de enzimas microbianas.

REFERENCIAS

- Bacha, U., Nasir, M., Khaliq, A., Anjum, A. A., & Jabbar, M. A. (2011). Comparative assessment of various agro-industrial wastes for *Saccharomyces cerevisiae* biomass production and its quality evaluation as single cell protein. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4), 844-849.
- Franzen, F. D. L., Silvia, M., Oliveira, R. De, Lidório, H. F., Menegaes, J. F., Lucy, L., & Fries, M. (2019). Chemical composition of rose, sunflower and calendula flower petals for human food use. *Composición química de pétalos de flores de rosa, girasol*, 20(1), 159-168.
- Hwang, S. H., Koo, M., Jo, S., & Cho, Y. S. (2020). A comparison study of crude protein contents obtained utilizing the kjeldahl method and dumas combustion method in foods. *Analytical Science and Technology*, 33(3), 143-150. doi.org/10.5806/AST.2020.33.3.143
- Longjan, G. G., & Dehouche, Z. (2018). Nutrient characterisation and bioenergy potential of common Nigerian food wastes. *Waste Management and Research*, 36(5), 426-435. doi.org/10.1177/0734242X18763527
- Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development; Washington, DC: World Bank. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.
- Mazzucotelli, C. A., Ponce, A. G., Kotlar, C. E., & Moreira, M. del R. (2013). Isolation and characterization of bacterial strains with a hydrolytic profile with potential use in bioconversion of agroindustrial by-products and waste. *Food Science and Technology*, 33(2), 295-303. doi.org/10.1590/S0101-20612013005000038
- Nemeskéri, E. (2012). Relationship between nutritional quality of beans and growing conditions. *Beans: Nutrition, Consumption and Health*, (January 2012), 249-264.
- Pepe, O., Ventorino, V., & Blaiotta, G. (2013). Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N₂)-fixing bacteria application. *Waste Management*, 33(7), 1616-1625. doi.org/10.1016/j.wasman.2013.03.025
- Ravindran, R., Hassan, S. S., Williams, G. A., & Jaiswal, A. K. (2018). A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes. *Bioengineering*, 5(4), 93.
- Saha, M. L., Islam, K. N., Akter, T., Rahman, I. A., Islam, T., & Khan, T. (2019). Isolation and Identification of Amylolytic Bacteria From Garbage and Garden Soil. *M. I. H. R. L. Al S. Aha **, K. Hon-dokar N. Owshin I. Slam, T. Aslima a Kter, 48(3), 537-545.
- Sánchez, T. (2009). Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros microbial. *Universidad Central de Venezuela*. 59 (3).
- Sawyer, N., Trois, C., & Workneh, T. (2019). Identification and characterization of potential feedstock for biogas production in South Africa. *Journal of Ecological Engineering*, 20(6), 103-116. doi.org/10.12911/22998993/108652
- Tedesco, D. E. A., Scarioni, S., Tava, A., Panzeri, S., & Zuerro, A. (2021). Fruit and Vegetable Wholesale Market Waste: Safety and Nutritional Characterisation for Their Potential Re-Use in Livestock Nutrition. *Sustainability*, 13(16), 9478. doi.org/10.3390/su13169478
- Tsai, S. H., Liu, C. P., & Yang, S. S. (2007). Microbial conversion of food wastes for biofertilizer production with thermophilic lipolytic microbes. *Renewable Energy*, 32(6), 904-915. doi.org/10.1016/j.renene.2006.04.019
- Vargas, O., Trujillo, J., Torres, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129. doi.org/10.22579/20112629.575