

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Nuevo tratamiento limpio de residuos de semillas de aguacate con larvas de insectos



TÍTULO



Autor Principal: María José San José (Universidad del País Vasco)

Otros autores: Marta Saloña (Universidad del País Vasco); Sonia Alvarez (Universidad del País Vasco); Raquel López (Universidad del País Vasco)

PALABRAS CLAVE

Larvas de insecto; remediación; residuos de semillas de aguacate; spouted beds cónicos; *tenebrio molitor*; valorización energética

RESUMEN

Se ha probado la aplicabilidad del tratamiento limpio de semillas de aguacate con larvas de *Tenebrio molitor*. Se utilizaron residuos de semillas de aguacate como sustrato. Se monitorizó diariamente el tamaño y el peso de las larvas y se comparó con un control. Las larvas alimentadas con residuos de semillas de aguacate como sustrato se convirtieron en adultos y disminuyó el peso de los residuos. La pupa residual de quitina se valorizó térmicamente en un combustor spouted bed cónico.

INTRODUCCION

El consumo global de aguacate (más de 7 millones de toneladas en 2019) está en continuo aumento debido a sus propiedades nutricionales y al bajo contenido en grasas saturadas (FAOSTAT, 2019). El sur de España y las islas Canarias cubren la demanda de los países de la Unión Europea, con una producción superior a 90 mil toneladas en 2019 (FAOSTAT, 2019), siendo la variedad Hass la más cultivada, por la excelente calidad de su pulpa. El sector del procesado de aguacate genera gran cantidad de residuos, principalmente la piel y la semilla o hueso, ya que el principal producto es el guacamole que sólo emplea la pulpa. La semilla contiene alto valor energético apropiado para valorización energética, alto contenido en carbono y oxígeno y bajo contenido en hidrógeno y nitrógeno (Domínguez et al., 2014).

Hoy en día se empiezan a probar nuevos tratamientos limpios para la eliminación de los residuos. Se ha estudiado y analizado el comportamiento de larvas de dípteros sarcófagos en cadáveres (Williams, 2005; Martínez-Sánchez et al., 2011).

En este trabajo se llevó a cabo la remediación de residuos de semilla de aguacate mediante larvas de escarabajo de la harina *Tenebrio molitor* y posterior tratamiento térmico del residuo de las pupas mediante la tecnología de spouted bed en geometría cónica, como se ha aplicado con otros residuos de biomasa (San José et al., 2010, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2017, 2018, 2019).

METODOLOGIA

Los residuos empleados como sustrato han sido semillas de aguacate de variedad Hass, Figura 1, de diámetro medio de partícula 27.8 mm, esfericidad 0.93 y densidad 1143 kg/m³. La semilla o hueso de aguacate tiene una relación C/N de 27 y un contenido de humedad de entre 25 y 30 % en peso (base seca) medida en el higrómetro Mettler Toledo HB43-S Halogen (precisión ± 0.01 %). Las semillas residuales de aguacate se han triturado en un molino (Fritzch Pulverizette) hasta un diámetro medio de Sauter de 1.14 mm (d_p comprendido entre 0.8 y 2 mm).



Figura 1. Residuos de aguacate: huesos y partículas trituradas

Las larvas empleadas corresponden al escarabajo de la harina *Tenebrio molitor* L., 1758 (Coleoptera, Tenebrionidae), Figura 2.



Figura 2. Cultivo de *Tenebrio Molitor* Linnaeus, 1758

El procedimiento consistió en introducir un cierto número de larvas de escarabajo de la harina (Coleoptera, Tenebrionidae) junto con residuos de semillas de aguacate como sustrato en un recipiente cubierto con una malla para evitar escapes, Figura 3.

Se monitorizó con el tiempo el desarrollo de las larvas durante un período de 50 días hasta que alcanzaron la edad adulta y se comparó con un control. Cada día se extraía una muestra de larvas de cada recipiente y se medía el tamaño y el peso.



Figura 3. Recipiente experimental conteniendo semillas de aguacate y larvas

Posteriormente, se valorizó térmicamente el residuo de las pupas en un combustor spouted bed cónico. La instalación de combustión a escala de planta piloto, Figura 4, consta de una soplante, un medidor de flujo másico, una resistencia eléctrica para precalentar el lecho, dos ciclones de alta eficacia, y termopares para la medida de la temperatura del gas tanto a la entrada y a la salida del combustor como en diferentes posiciones radiales y longitudinales dentro del combustor. El componente principal de la instalación es el combustor spouted bed cónico, Figura 4, de acero inoxidable AISI-310 y ángulo del cono 36°, aislado externamente con resistencias eléctricas enrolladas alrededor de la pared externa del reactor, cubiertas de fibra de cuarzo y por una carcasa cilíndrica de acero inoxidable para reducir las pérdidas de calor.

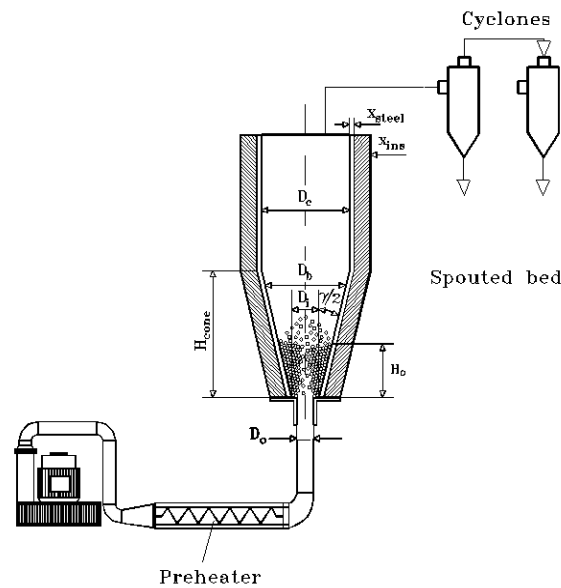


Figura 4. Planta piloto experimental y esquema del movimiento de las partículas en el combustor spouted bed cónico

La combustión de las pupas se ha llevado a cabo en un combustor spouted bed cónico en discontinuo a temperatura de 500 °C en el régimen de spouted bed, caracterizado por una desviación estándar de las fluctuaciones de la pérdida de carga inferior a 10 Pa (San José y Alvarez, 2015). Se calienta el combustor pasando aire calentado en el precalentador a la entrada y una vez se ha alcanzado la temperatura de combustión se ha alimentado el lecho de pupas residuales y se ha iniciado el proceso de combustión. Se ha monitorizado con el tiempo la concentración de los gases CO y CO₂ (% volumen) del gas de salida mediante el analizador de gases Testo 350 (error relativo para CO ± 2 ppm, CO₂ ± 0.3 % vol, y ± 10 ppmv para hidrocarburos y para temperatura ± 0.4 °C (-100-200 °C) y ± 1 °C a otros rangos de temperatura. Se ha calculado la eficacia de combustión a partir de la concentración de CO₂ y CO (% volumen). Cada proceso de combustión se ha repetido tres veces y se han calculado los valores medios y la desviación estándar.

RESULTADOS

En las Figuras 5 y 6 se muestra la evolución con el tiempo de la masa y de la longitud de las larvas de escarabajo de los recipientes alimentados con residuos de semillas de aguacate como sustrato y del control. Se observa un aumento del peso y del tamaño de las larvas más acusado las primeras semanas y con una tendencia asintótica a partir de un mes. Se obtienen valores similares tanto en el recipiente con aguacate como en el control, si bien las larvas alimentadas con aguacate presentan valores de masa y longitud ligeramente superiores a las del control. Además, al cabo de un mes alrededor del 12% de las larvas alimentadas con residuos de semillas de aguacate se han convertido en adultos, al igual que en el recipiente de control en el que se obtuvieron resultados similares. Por otro lado, se ha observado que un 2-5% mueren o abandonan el recipiente por lo que se eliminan. Además, la masa de residuos de semillas de aguacate ha disminuido un 30% y las pupas de quitina residuales obtenidas son inferiores al 1%.

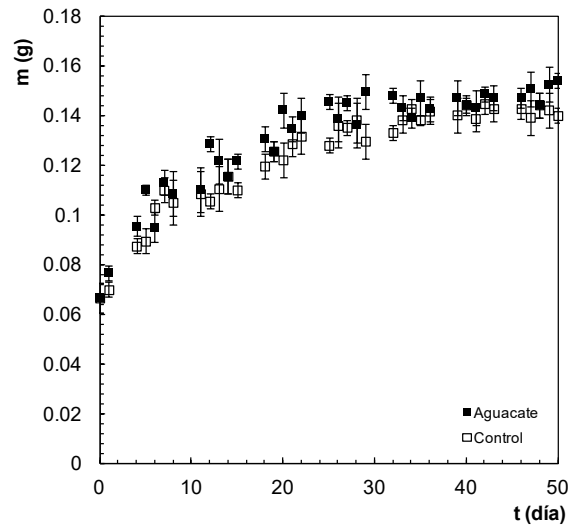


Figura 5. Evolución con el tiempo de la masa de las larvas de escarabajo *Tenebrio Molitor*

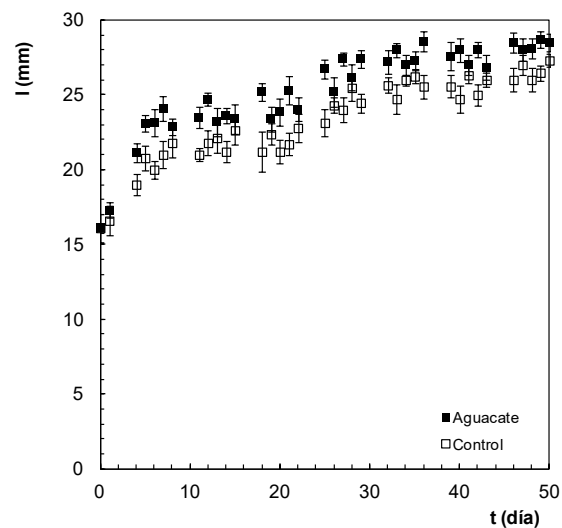


Figura 6. Evolución con el tiempo de la longitud de las larvas de escarabajo *Tenebrio Molitor*

Con objeto de valorizar energéticamente el residuo de las pupas residuales, se ha llevado a cabo la combustión discontinua de las pupas en el combustor spouted bed cónico en el régimen de spouted bed a 500 °C. Los valores experimentales de eficacia de combustión, η , de las pupas residuales, determinados a partir de la concentración media de CO_2 y CO (% volumen) en la corriente gaseosa de salida, son superiores al 80% (San José et al., 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2018).

$$\eta = \frac{\% \text{CO}_2}{\% \text{CO} + \% \text{CO}_2}$$

(1)

DISCUSION

Las larvas de escarabajo de la harina *Tenebrio molitor* alimentadas con residuos de semillas de aguacate como sustrato han aumentado de peso y longitud con el tiempo, con un crecimiento ligeramente superior a las del control y se han convertido en adultos. Debido a su utilización como sustrato, se ha reducido la masa de semillas de aguacate residuales con el tiempo.

Las pupas de quitina residuales se han valorizado térmicamente eficazmente en un combustor spouted bed cónico, lo que ha permitido minimizar el residuo de semillas de aguacate.

CONCLUSIONES

Se ha probado la viabilidad del tratamiento limpio de residuos de semillas de aguacate mediante larvas de escarabajo de la harina *Tenebrio molitor*. Las larvas de escarabajo alimentadas con residuos de semillas de aguacate han crecido y se han convertido en adultos a la vez que se ha reducido el peso de los residuos. Además, este tratamiento permite reducir el residuo a una mínima cantidad de residuo de pupa de quitina.

Los residuos de pupa de quitina se han valorizado energéticamente en el combustor spouted bed cónico de forma satisfactoria en base a los altos valores de eficacia de combustión obtenidos.

Agradecimientos

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la financiación y a la Unión Europea por la co-financiación con fondos FEDER del Proyecto CTQ2017-89199-P.

NOMENCLATURA

D_b, D_c, D_i, D_o	diámetro superior del lecho estancado, del cono, de la base del contactor y de la entrada del gas, respectivamente (m)
d_p	diámetro de partícula (m)
H_{cono}, H_o	altura la sección cónica y del lecho estancado (m)
t	tiempo (s)
X_{steel}, X_{ins}	espesor de la pared del contactor y del aislante, respectivamente (m)
u, u_{ms}	velocidad del gas y velocidad mínima de spouting, respectivamente (m/s)

Símbolos

ρ_s	densidad de partícula (kg/m^3)
γ	ángulo del contactor (deg)
η	eficacia de combustión (-)

BIBLIOGRAFIA

- Domínguez, M.P., Araus K., Bonert P., Sánchez F., San Miguel G. y Toledo M. (2014). The Avocado and Its Waste: An Approach of Fuel Potential/Application. En: Lefebvre G., Jiménez E., Cabañas B. (eds), Environment, Energy and Climate Change II. The Handbook of Environmental Chemistry, vol 34. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/698_2014_291.
- FAOSTAT. Agriculture Data; 2019, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Acceso marzo 2021)
- Martínez-Sánchez, A., Magaña, C., Saloña, M. y Rojo, S. (2011) First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula, *Forensic Science International*, 206(1-3), e76-e78.
- San José, M.J., Alvarez, S., Ortiz de Salazar, A., Morales A. y Bilbao, J. (2010). Shallow spouted beds for drying of sludge from the paper industry, *Chemical Engineering Transactions*, 21, 145-150. <https://doi.org/10.3303/CET1021025>
- San José, M.J., Alvarez, S., Peñas, F.J. y García, I. (2013a). Cycle Time in Draft Tube Conical Spouted Bed Dryer for Sludge from Paper Industry, *Chemical Engineering Science*, 100, 413-420. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2013.02.058>
- San José, M.J., Alvarez, S., García, I. y Peñas, F.J. (2013b) A novel conical combustor for thermal exploitation of vineyard pruning wastes, *Fuel*, 110(1), 178-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2012.10.039>
- San José, M.J., Alvarez, S., Peñas, F.J. y García, I. (2014a). Thermal exploitation of fruit tree pruning wastes in a novel conical spouted bed combustor, *Chemical Engineering Journal*, 238(15), 227-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2013.09.073>
- San José, M.J., Alvarez, S., García, I. y Peñas, F.J. (2014b). Conical spouted bed combustor in clean valorization of sludge wastes from Paper industry for obtaining energy, *Chemical Engineering Research and Design*, 92(4), 672-678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2014.01.008>
- San José, M.J. y Alvarez, S. (2015). Bed pressure drop in a draft-tube conical spouted bed for thermal treatment of wastes, *Chemical Engineering and Technology*, 38(4), 709-714. <https://doi.org/10.1002/ceat.201400650>
- San José, M.J., Alvarez, S. y López, R. (2017). Modelling of drying of biomass wastes in a conical spouted bed dryer, *Computer Aided Chemical Engineering*, 40, 517-522. <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-63965-3.50088-X>
- San José, M.J., Alvarez, S. y López, R. (2018). Catalytic combustion of vineyard pruning wastes in a conical spouted bed combustor, *Catalysis Today*, 305, 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.11.020>
- San José, M.J., Alvarez S. y López, R. (2019). Drying of Industrial Sludge Waste in a Conical Spouted Bed Dryer. Effect of air temperature and air velocity, *Drying Technology*, 37(1), 118-128. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1441155>

Williams, M. (2005). Using the black soldier fly; *Hermetia illucens*; as a value-added tool for the management of swine manure. The animal and poultry waste management center; North Carolina State University, 17 p.