

Tratamiento Térmico de Microondas Aplicado en una Pasta de Aguacate

Ortiz-Rodríguez, Lilia*, González-Mendoza, Carolina, Arcila-Lozano, Cynthia C, Ríos - Romero, Omar.

*Tecnológico Nacional de México,
Instituto Tecnológico Superior de Perote
Perote, Veracruz, México.
lilia.ortiz@perote.tecnm.mx*

Recibido: 28 de mayo de 2021

Aceptado: 23 de octubre de 2021

RESUMEN

Se evaluó la efectividad del tratamiento térmico de microondas mediante un horno convencional, sobre una pasta de aguacate nativo de la zona de Jalacingo, Veracruz para inhibir la evolución del pardeamiento enzimático del tejido de pulpa de aguacate almacenado a temperatura de refrigeración (2 °C) durante 30 días. Se emplearon parámetros de color para determinar la cinética durante el tratamiento, la actividad de la enzima polifeniloxidasas se realizó con catecol como sustrato, con una cinética de 45 min de reacción y se determinaron las propiedades como pH, acidez y humedad. Los resultados permiten concluir que el tratamiento por microondas a 7 Watts de potencia durante 30 a 60 segundos aplicado a la pasta de aguacate conserva el color aceptable. Además, el tratamiento por microondas inhibió la enzima polifenol oxidasa (PPO), el tratamiento de microondas no mostró cambios significativos ($p < 0.05$) en las propiedades de pH, acidez y humedad.

Palabras claves: Aguacate nativo, microondas, polifeniloxidasas, pasta de aguacate.

ABSTRACT

The efficacy of the microwave thermal treatment with a conventional oven was evaluated, using a paste made of avocado native from Jalacingo, Veracruz area, in order to inhibit the evolution of enzymatic browning in the tissue of avocado pulp, stored at a refrigeration temperature (2°C) during 30 days. Color parameters were utilized to determine the kinetics during the treatment. The activity of the polyphenol oxidase enzyme was performed using catechol as substrate, with a 45 minutes kinetics of reaction and properties such as PH, acidity and humidity were determined. The results showed that the microwave treatment at 7 Watts for 30, 60 seconds applied to the avocado paste preserves an acceptable color. Moreover, the microwave treatment inhibited the polyphenol oxidase enzyme (PPO). The microwave treatment did not show meaningful changes ($p < 0.05$) in the PH, acidity and humidity properties.

Keys Words: avocado native, microwave, polyphenol oxidase, paste made of avocado.

1. INTRODUCCIÓN

El aguacate es una fruta que pertenece a la familia de las lauráceas. El país líder en producción de aguacate en el mundo es México seguido de República Dominicana, Colombia, Perú e Indonesia (FAOSTA, 2019). Actualmente en México existen 26 especies del género *Persea* (Álvarez et al., 2018; Colombo et al., 2019). Generalmente, se identifican cuatro razas de aguacate: Mexicana (*P. americana* var. *Americana*), Guatemalteca (*P. americana* var. *Guatemalensis*), Antillana (*P. americana* var. *Drymifolia*) y Costarricense (*P. americana* var. *Costaricensis*) (Pérez et al., 2015). Los estados de Michoacán, Jalisco y Estado de México son los mayores productores de aguacate (SIAP, 2019).

En México las variedades más importantes son: Hass, Fuerte, Rincon, Bacon y Criollo (Araújo et al., 2015, Cid et., 2021). El aguacate Hass es la variedad líder a nivel mundial, es el más cultivado y vendido en el mundo por su disponibilidad en la mayor parte del año, cantidad de nutrientes, y aceptabilidad del sabor y aroma (Barrientos-Priego, 2017; Cervantes et al., 2019; Ramos et al., 2021). Este fruto es importante en la nutrición humana por su contenido de ácidos oleico, palmítico, linoleico, palmitoleico y esteárico, vitaminas como la A, B, C, E, K y un elevado contenido de fibra (Bill et al., 2014).

En el estado de Veracruz es común la raza mexicana, de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019) produjo 5 mil toneladas de aguacate principalmente en cinco municipios Altotonga, Coscomatepec, Jalacingo, Huatusco y Calchahuaco. En la zona centro del estado de Veracruz se localiza el municipio de Jalacingo, sus habitantes producen aguacate de variedad nativa (*Persea americana*) principalmente en huertos de traspatio, plantaciones tradicionales; y aunque existen algunos huertos de cultivo formal con variedades mejoradas, el aguacate mexicano se conserva como árbol de sombra y cercos vivos el cual se ha sustituido por cultivares comerciales o perdiendo por la destrucción de los ecosistemas (Galindo-Alejandre, 2010).

La mayoría de los cultivares comerciales han sido importados por México desde la década de los 70's, la importancia de la variedad Hass ha sustituido las variedades locales (Mijares y López, 1998). Por otro lado el manejo postcosecha del aguacate al ser inadecuado demerita la calidad comercial de los frutos, debido a que el aguacate tiene un alto contenido de proteínas y grasa, la mayor parte de las proteínas del aguacate son enzimas oxidativas como la polifenoloxidasas (PPO o PFO), la cual es una proteína cúprica que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, éstas prosiguen su oxidación con el oxígeno del aire sobre el tejido hasta formar compuestos oscuros de tipo melanoide, por polimerización (Buenrostro, 2008).

El color de los alimentos y la apariencia es una de las cualidades sensoriales más importantes en la percepción de la preferencia del consumidor en los alimentos frescos y procesados, productos y su marketing (Costa et al., 2011; Pathare et al., 2013; Cheng et al., 2018). El pardeamiento enzimático se observa con un oscurecimiento en los vegetales y frutos ricos en compuestos fenólicos (Buenrostro, 2008).

Actualmente en el estudio para el control del deterioro causado por enzimas se agregan compuestos químicos, tratamientos térmicos, congelación, presiones hidrostáticas entre otros. Los microondas es una tecnología emergente que se ha utilizado para inactivar enzimas como la peroxidasa y polifeniloxidasas, la tecnología de calentamiento sugiere efectos específicos de las microondas en la estructura de la proteína (Costa et al., 2021). El pardeamiento en el aguacate ha limitado su calidad para consumo, es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento asistido por microondas sobre la enzima PPO (Polifenoloxidasas) y en color de una pasta de aguacate nativo (*Persea americana*). Con esto se pretende desarrollar un tratamiento efectivo, que mantenga las características antes mencionadas, sin afectar otros parámetros fisicoquímicos importantes del producto.

2. METODOLOGIA

Se llevó a cabo un estudio experimental en el que se evaluaron variables de proceso sobre las propiedades de pasta de aguacate nativo de la zona de Jalacingo, Veracruz. Se empleó un diseño experimental estadístico para la ejecución de los tratamientos. Los resultados fueron analizados con software especializado.

2.1 MATERIAL VEGETAL

Los frutos de aguacate fueron cosechados en el mes de junio 2019 de dos plantaciones, que se encuentran ubicadas en el municipio de Jalacingo, Veracruz, el cual está entre los paralelos 19° 36' y 19° 56' de latitud norte; los meridianos 97° 13' y 97° 23' de longitud oeste; altitud entre 580 y 2 900 m. Colinda al norte con el estado de Puebla y el municipio de Tlapacoyan; al este con los municipios de Tlapacoyan, Atzalan y Altotonga; al sur con los

municipios de Altotonga y Perote; al oeste con el municipio de Perote y el estado de Puebla. Se seleccionaron al azar 20 aguacates de cada plantación en estado de madurez, sin daños físicos, de tamaño y peso similar.

2.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Los frutos se lavaron y se les retiró el exocarpio y semilla para realizar una pasta de aguacate con el mesocarpio, se homogeneizó con una batidora de mano Braun modelo MQ777. Las muestras se realizaron por triplicado y se colocaron en bolsas con cierre hermético para ser refrigeradas a 2°C durante 30 días.

2.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES

Para las pruebas fisicoquímicas se tomaron las muestras almacenadas en refrigeración de 2 °C, cada determinación se realizó por triplicado. Para la determinación del pH se usó un potenciómetro por inmersión del electrodo en la muestra con previa calibración según AOAC (1998) y la acidez se determinó por titulación con NaOH 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador y expresada en porcentaje de ácido tartárico según la Norma NTC 4623 de Frutas y Hortalizas.

La humedad fue determinada bajo el método operacional de secado en estufa AOAC (1999) a 105°C durante 24 h, hasta alcanzar peso constante.

Para la determinación del color de la pasta de aguacate, se realizó por un colorímetro Baley 8 mm digital precise portátil, por espacio CIELAB basada en la medición de este parámetro como lo observa el ojo humano y expresándola en forma numérica con respecto a los componentes del color. La cual se describe utilizando los parámetros de color instrumental: luminosidad (L*), escala verde-roja (a*), escala amarillo-azul (b*) y tono (ángulo Hue).

2.4 TRATAMIENTO TÉRMICO

Se determinó mediante la técnica de Jiménez et al., 2014 con modificaciones, se pesaron 20 g del puré en placas de Petri de 5 cm de diámetro, las muestras se colocaron en el centro del horno, aplicando energía de microondas convencional (Marca Panasonic, Modelo NN-6468) a una potencia de 7 W y 9 W durante 30, 60 y 90 s.

2.5 DETERMINACIÓN DE POLIFENILOXIDASA.

Se aplicó la técnica de Buelvas et al., 2012, con algunas modificaciones. La enzima se extrajo con buffer de fosfatos. La medición de la actividad enzimática se realizó por monitoreo espectrofotométrico (Espectrofotómetro de luz UV y 11104 Thermo Spectronic.). Se evaluó la inhibición de la enzima para las muestras almacenadas a 0, 4 y 8 días después del tratamiento de microondas.

2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño factorial con 2 factores, primer factor la potencia del microondas con dos niveles 7 W y 9 W, el segundo factor considerado es el tiempo en 0, 30, 60 y 90 segundos a los que fue sometido la pasta de aguacate, se realizó un análisis no paramétrico con la prueba Kruskal Wallis, para comparar los efectos principales de cada factor, esto debido a que no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad. Para probar diferencias en cuanto a la enzima se utilizó una Prueba-t , para todas las pruebas $\alpha = 0.10$. Los softwares que se utilizaron son R y RStudio y Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS.

En la siguiente tabla 1 se resumen las propiedades evaluadas al aguacate nativo en fresco y cuando se aplica tratamiento de microondas a 7 w durante 90 s.

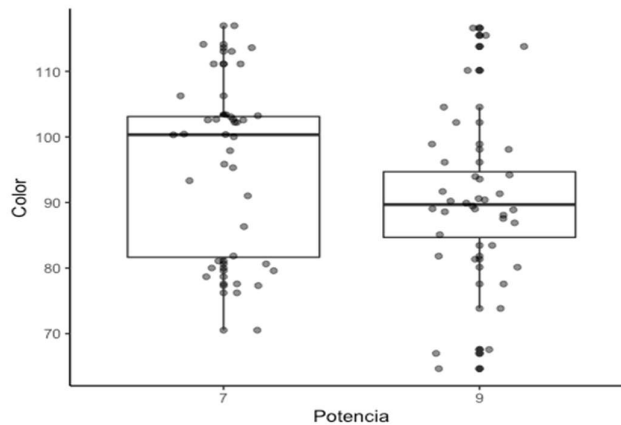
Tabla 1. Cambios de las propiedades durante el tratamiento de microondas 7 W, 90s

Aguacate nativo	pH	Humedad	Porcentaje de Acidez
			% m/m
Fresco	6.36 ± 1.4 ^a	62.2 ± 1.56 ^a	0.35 ± 0.2 ^a
MW a 7W, 90s	6.58 ± 0.9 ^a	61.4 ± 1.06 ^a	0.36 ± 0.1 ^a

Los valores son las medias de 3 repeticiones con desviación estándar. Valores en columna con letras similares no son significativamente diferentes (Tukey HSD, P<0.05).

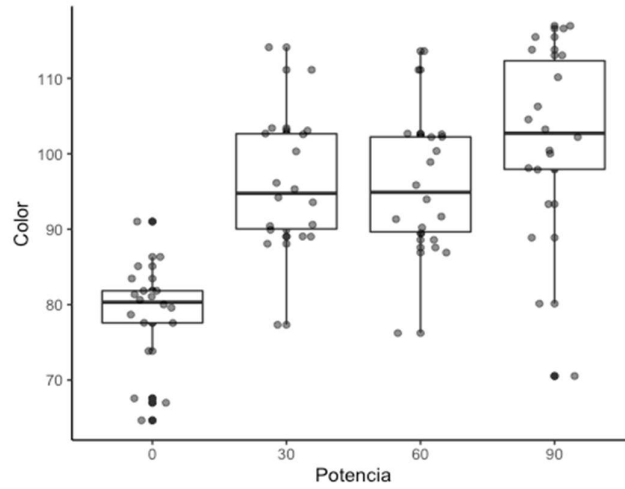
En el análisis preliminar no se aprecian diferencias del color ΔE entre los niveles del factor A (Potencia del microondas, Watts), figura 1.

Figura 1. Factor A (Potencia del microondas, Watts)



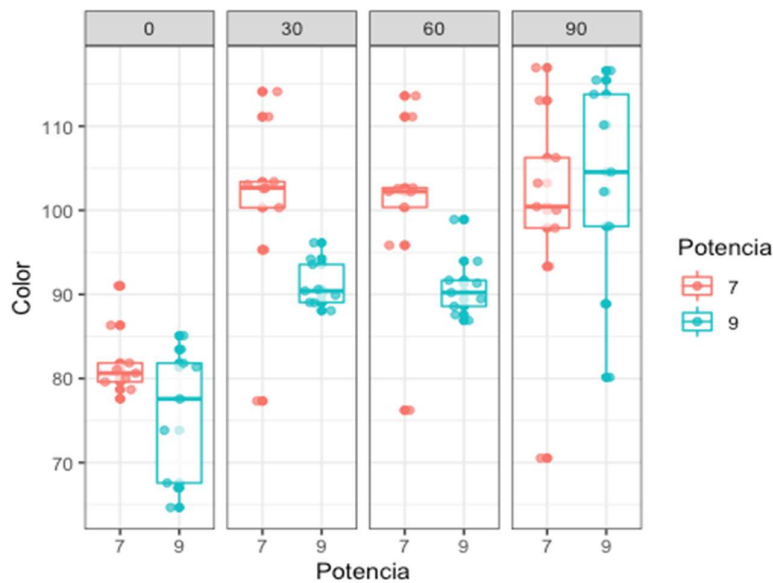
En la figura 2 se aprecia que el factor tiempo sí produjo respuestas en el color ΔE , los niveles del factor B (Tiempo, Segundos) se diferencian del testigo, para este caso en nivel 0 segundos.

Figura 2. Factor B Tiempo,(segundos) en el microondas.



En la figura 3 se observa la comparación del factor Potencia (7 y 9 W) durante el factor tiempo con respecto a los valores ΔE de color.

Figura 3. Comparación de Factores A (Potencia ,W) y B (Tiempo, s).



Se realizó el análisis de varianza, para probar si existen diferencias estadísticas significativas (Tabla 2).

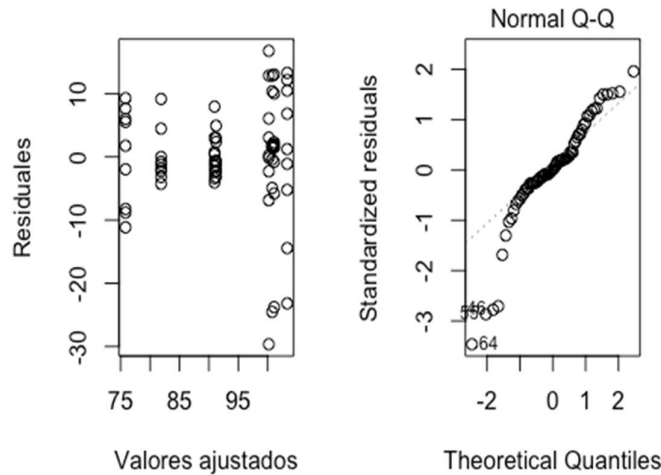
Tabla 2. Análisis de la varianza para el experimento de la pasta de aguacate

Fuente de variación	g.l.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Valor-p
Potencia	1	574.90	574.90	6.9747	0.01038 *
Segundos	3	5312.70	1770.89	21.4842	0.00000 ***
Potencia: Segundos	3	506.10	168.69	2.0465	0.11619
Error	64	5275.40	82.43		

Código de significancia: 0 *** 0.001 ** 0.01*

En los efectos principales A y B hay diferencias significativas en los niveles de cada factor, como se vio en el análisis preliminar, sin embargo, no se aprecian diferencias en la interacción (combinación) entre los factores A y B. Para validar que las diferencias encontradas están dadas por los factores elegidos se probó los supuestos del modelo (figura 4).

Figura 4. Supuestos del modelo.



El análisis residual muestra que los supuestos de homogeneidad de la varianza y normalidad no se cumplen, por lo que se realizó la prueba Kruskal–Wallis que no requiere suposiciones acerca de la forma real de las distribuciones de probabilidad, las hipótesis probadas fueron las siguientes: H_0 : las k distribuciones poblacionales son idénticas; H_1 : al menos dos de las distribuciones poblacionales difieren en localización.

Tabla 3. Prueba Kruskal-Wallis chi-cuadrado $\alpha = 0.10$

Factor	G.L.	Chi-cuadrado	Valor p
Color-potencia	1	3.84032	0.05003
Color-tiempo	3	32.507	0.000004091

Con base en los valores p , y con un nivel de confianza de 90%, $\alpha = 0.10$; son significativos los dos factores.

Por otro lado, se evaluó la actividad PPO de pasta de aguacate con el tratamiento térmico a una potencia de 9 y 7 W, para muestras almacenadas a 0, 4 y 8 días en congelación, como se observa en las figuras 5 y 6 respectivamente.

Figura 5. Actividad PPO tratada con microondas a 9W

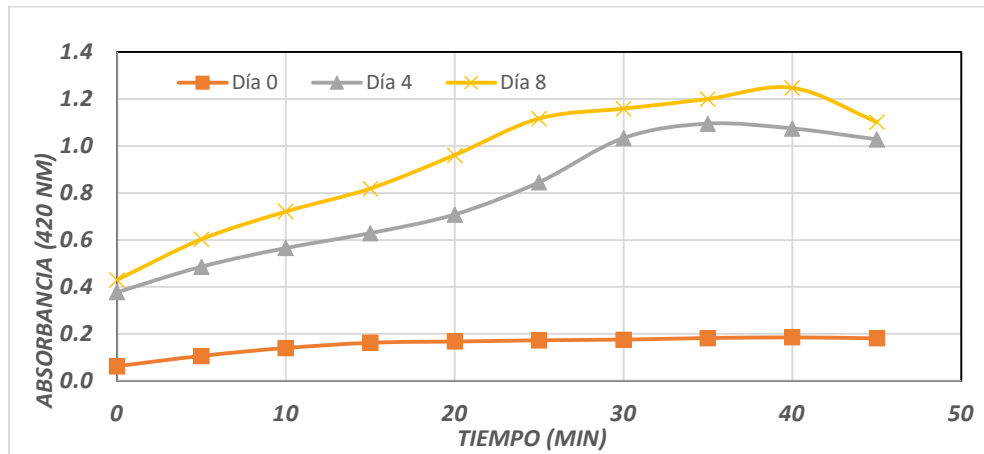
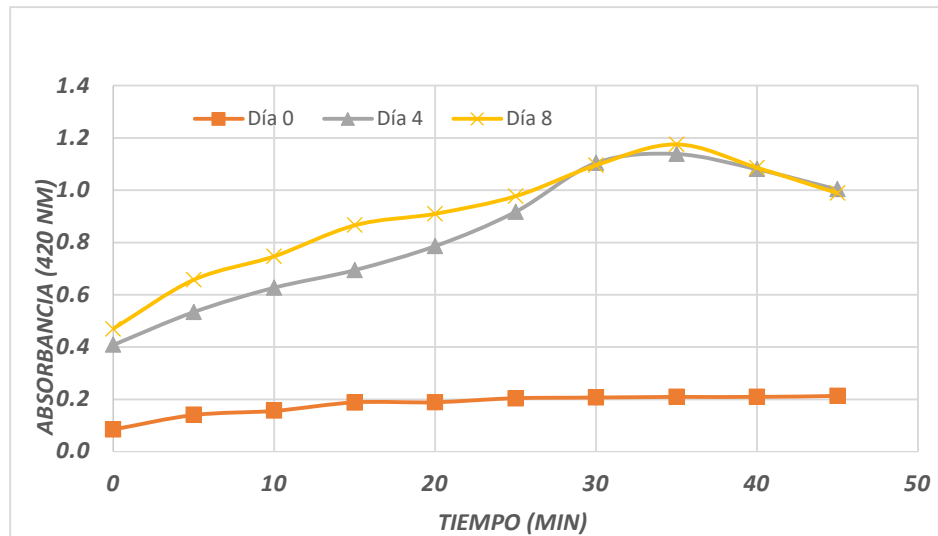


Figura 6. Actividad PPO tratada con microondas a 7W



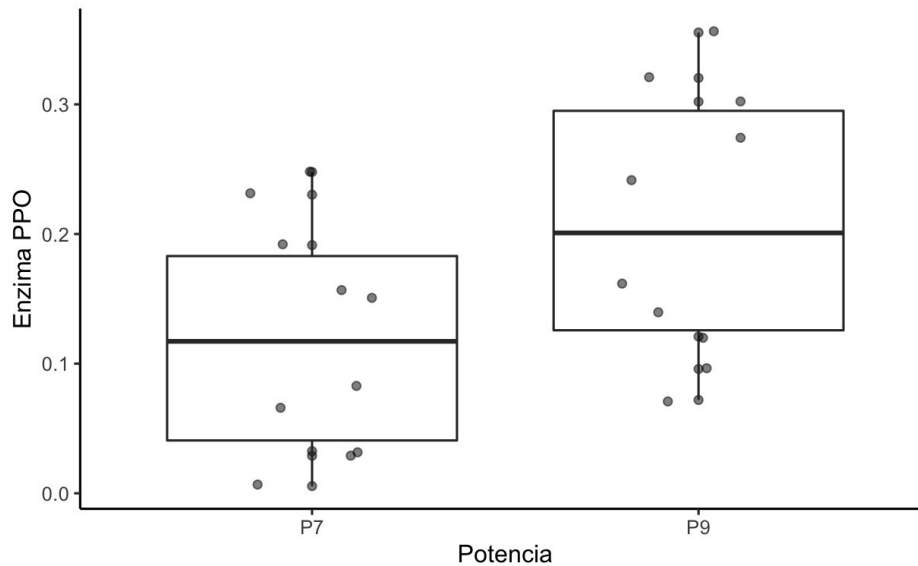
Los resultados de la prueba t de Student para la enzima polifeniloxidasas con un nivel de confianza del 90%: (-0.16, -0.01), mostró diferencias significativas entre los dos tratamientos de potencia 7 W y 9 W.

Tabla 4. Prueba t de Student (Potencia a 7 W y 9 W)

g.l.	t	Valor-p
17.602	-2.0834	0.05208

En la figura 7 se muestran los promedios de las proporciones de la enzima para cada una de las potencias de 7 W y 9 W son 0.12 y 0.21 respectivamente

Figura 7. Actividad PPO tratada con microondas a 7W y 9W



4. DISCUSIÓN.

El valor promedio de las muestras de pH de 6.36 ± 1.4 es un valor cercano a la neutralidad, el cual se encuentra dentro de los estándares reportados según Kassim et al, 2013. Este parámetro es un estándar de calidad, mientras más cercano se encuentra el fruto a un estado de maduración el pH aumenta hacia la neutralidad, por lo que el valor que se obtuvo para la variedad criolla es ligeramente menor y se encuentra dentro de los parámetros correspondientes de Buelvas et al., (2012) que determinaron el pH del aguacate Hass con un valor de 6.41 ± 1.4 , así como estudios por Méndez, (2017) en Hass de 7.4 ± 0.4 .

La acidez total titulable es uno de los atributos de calidad que se asocia como índice de madurez. El porcentaje de acidez para la muestra de aguacate nativo (*Persea americana*) fue expresado en ácido tartárico y fue de 0.3525, valor un poco más elevado para el reportado en el análisis de Buelvas, et al., (2012) que fue de 0.29 y ligeramente parecido al obtenido por Méndez (2017) en el cual reportó 0.3 de acidez en su muestra. Como se mencionó anteriormente, en general la acidez titulable tiende a disminuir durante el almacenamiento y la maduración de los frutos, comportamiento que concuerda con el observado por Buelvas et al., (2012); además los ácidos y los carbohidratos son utilizados para proporcionar la energía que el fruto requiere durante el proceso de maduración (Caparrotta et al., 2015).

La humedad fue de 62.22 ± 1.56 %, valor menor al reportado por Serpa, (2014); según la norma NMX-FF-016-SCFI-2006 la fruta alcanza su grado de madurez, equivalente a un contenido mínimo de materia seca del fruto del 21%, para variedad “Hass”, por lo que el contenido de materia seca entra dentro del estándar de la norma. Por otro lado, se han reportado valores para la variedad criollo de $56,80 \pm 2,59$ % de humedad (Cid et al., 2021).

La evaluación del color tiene como objetivo ser un método de control de calidad; permite conocer los cambios químicos y físicos de apariencia durante el procesamiento y comercialización y cuantifica la evaluación sensorial (Hutchings, 1999). En la figura 2 se muestra que el tiempo del tratamiento de microondas produce respuesta en el valor ΔE , en la comparación del tiempo con la potencia 7 W y 9

W, se observa que existen respuestas similares con la potencia de 7 W y 9 W durante 30 y 60 s de tratamiento, lo que significa que existen coincidencias representativas de la variable tiempo como en el estudio de Guzmán et al., (2008) quienes demostraron que el color se conservaba mejor cuando los purés de aguacate con o sin sales de zinc y cobre se trataban con microondas durante 30 s, debido a la inhibición del pardeamiento enzimático. Los resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la tabla 4 muestran que son significativos el factor Potencia y el factor Tiempo en el efecto del color. Se observa que el tiempo ideal de tratamiento se encuentra entre 30 y 60 segundos; el factor potencia produce respuestas muy similares, en el nivel de potencia 7 W el valor promedio ΔE del color es 101, en el nivel de potencia 9 W en promedio el valor ΔE del color es 91. Estudios similares en aguacate Hass en un tratamiento de microondas a una potencia de 11 W durante 60 s y 80 s aplicados a los pures de aguacate disminuyó la actividad de la PPO en un 80%, y no cambió significativamente el color. (Linyan et al., 2016).

Las gráficas de las figuras 5 y 6 muestran la cinética enzimática descrita por Michaelis-Menten, en este caso se muestra la absorbancia de la enzima en relación con el tiempo con una concentración de sustrato para el día 0, 4 y 8 días. El análisis muestra que la cinética de la actividad enzimática de la PPO aumenta a medida que se incrementan los días de almacenamiento de la muestra, y además después del minuto 40 se observa una disminución de la actividad enzimática ya que probablemente se da la aparición de compuestos que enmascaran este tipo de enzimas como mencionan García et al., (2006), la prueba t-student mostró diferencias significativas entre los dos tratamientos de 7 W y 9 W, el valor menor del promedio de la proporción de la enzima es de 0.12 y corresponde a la Potencia de 7W, el estudio tiene resultados semejantes con los autores Ríos et al., (2020) quienes evaluaron una pasta de aguacate Hass que sometieron a una energía de microondas de 0,56 kJ/g para inactivar la enzima que provoca el cambio de color. El color de la inmersión se controló a lo largo del tiempo mediante un análisis de imágenes digitales. Los resultados confirmaron que después del envasado al vacío, refrigeración a 5 °C y 32 días, la inmersión bajo tratamiento con microondas reportó un mejor color que la muestra de control.

5 CONCLUSIONES Y/O PROYECTOS FUTUROS.

El presente estudio tiene su interés en la especie de aguacate nativo (*Persea americana*) del municipio de Jalacingo, Veracruz ya que no se ha estudiado con este tipo de tratamientos emergentes para conservar su color y se mostró que el tratamiento térmico a base de microondas aplicado en una pasta de aguacate nativo (*Persea americana*), logra inhibir la actividad enzimática de PPO, el tratamiento térmico por microondas debe ser aplicado a una potencia de 7 W por un lapso de 30 a 60 s. El color en la pasta de aguacate no se ve afectado, así como en estudios realizados a la variedad Hass, por otro lado, las propiedades de pH, acidez y humedad no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) con el tratamiento térmico.

Estudios posteriores de la aplicación de microondas en pasta de aguacate pueden enfocarse en evaluar la calidad nutrimental del producto antes y después del tratamiento y con esto consolidar el uso de microondas como tecnología efectiva en la conservación del color y nutrientes del alimento.

6 AGRADECIMIENTO.

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para llevar a cabo este proyecto. También agradecemos al Dr. Micloth López del Castillo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana por proporcionar su apoyo y disposición.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (Association of Oficial Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Virginia, p.1000-1050.
- Alvarez Ojeda, María Genoveva, Pecina Quintero, Víctor, Acosta Díaz, Efraín, & Almeyda León, Isidro Humberto. (2018). Evaluación molecular del aguacate criollo (*Persea americana* Mill) en Nuevo León, México. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(2), 38-46. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.69551>.
- Barrientos-Priego A.F.(2017). Presente y futuro de los portainjertos y variedades de aguacate en el mundo y México. Proceedings of the V Congreso Latinoamericano del Aguacate. Asociación de Productores y Exportadores de Jalisco, Ciudad Guzmán, Jalisco, México (2017), pp. 2-15
- Buenrostro Figueroa José Juan, 2008. "Obtención y establecimiento de las condiciones de un inhibidor del oscurecimiento enzimático del aguacate Hass (*Persea americana* var. Mill) a partir de la semilla del mismo para su uso en fresco". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Buelvas-Salgado, G., Patiño-Gómez, J., & Cano-Salazar, J. (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate Hass (*Persea americana* Mill.) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 138-150.
- Bill, M.; Sivakumar, D.; Korsten, L.; Thompson, K. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Prot.* 64:159-167. Caparrotta, S.,
- Bazihizina, N., Taiti, C., Costa, C., Menesatti, P., Azzarello, E., ... Giordani, E. (2015). Use of volatile organic compounds and physicochemical parameters for monitoring the post-harvest ripening of imported tropical fruits. *European Food Research and Technology*, 241(1), 91-102.
- Carvajal Zarrabal Octavio, Robles Olvera Víctor, Waliszewski Stefan, Melo Santiesteban Guadalupe (2010). El aguacate: útil en padecimientos cardiovasculares. *Revista de Divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Vol. XXIII. No. 1.
- Cid-Pérez T. S., Hernández-Carranza P., Ochoa-Velasco C. E., Ruiz-López I.I., Nevárez-Moorillón G.V., Ávila-Sosa R. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28. 10.1016/j.sjbs.2021.02.087.
- Colombo, Raffaella & Papetti, Adele (2019). Avocado (*persea americana* mill.) by-products and their impact: from bioactive compounds to biomass energy and sorbent material for removing contaminants. a review. *International Journal of Food Science & Technology*. 54. 10.1111/ijfs.14143.
- Cid-Pérez T. S., Hernández-Carranza P., Ochoa-Velasco C. E., Ruiz-López I. I., Nevárez-Moorillón G. V., Ávila-Sosa R. (2021). Avocado seeds (*persea americana* cv. criollo sp.): lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*. ISSN 1319-5
- Galliard, T. y Chan, H.W.-S. (1980).- "Lipoxygenases" en "The Biochemistry of Plants", Vol. 4, pp. 131-159.- P.K. Stumpf (Ed.).- Academic Press Inc. New York.
- Hutchings J. (1999). Food color and appearance. 2 ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen.
- Galindo Tovar M.E, Alexandre Rosas J.A. (2010). Una mirada a la diversidad del aguacate en Veracruz. *Revista Agroentorno*.
- Guzmán R, Dorantes L, Hernández H, Hernández H, Ortiz A, Mora R. (2002). Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*; 3: 47-53.
- Guzmán-Gerónimo, R. I, and Lidia Dorantes. (2008). Fatty Acids Profile and Microstructure of Avocado Puree after Microwave Heating. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 58.3 298–302.
- Jacobo-Velázquez, D. A., Hernández-Brenes, C., Cisneros-Zevallos, L., & Benavides, J. (2010). Partial purification and enzymatic characterization of avocado (*Persea americana* Mill, cv. Hass) lipoxygenase. *Food research international*, 43(4), 1079-1085.
- Kassim, A. Workneh T. , Bezuidenhout C. (2013), A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research*. 8 pp. 2385-2402.

- Linyan, Z., Tey, C.Y., Bingol, G., & Bi, J. (2016). Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 61-67.
- Méndez Herrera Carlos Daniel. (2017). Diseño experimental de la medición de color en paste de aguacate Hass. Instituto Tecnológico Superior de Perote, Veracruz.
- Mijares Oviedo, P. y L. López-López. 1998. Variedades de aguacate y su producción en México. Memoria. Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, Coatepec Harinas, Estado de México. p. 22-32.
- NMX-FF-016-SCFI-2016. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-aguacate hass (persea americana mill).
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G., Welti-Chanes, J., & Swanson, B. (1999). Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- Pérez Álvarez, Sandra, Ávila Quezada, Graciela, & Coto Arbelo, Orlando. (2015). El aguacatero (Persea americana Mill). *Cultivos Tropicales*, 36(2), 111-123. Recuperado en 05 de mayo de 2021, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362015000200016&lng=es&tlng=e
- Ramos-Aguilar Ana L., Ornelas-Paz Juan., Tapia-Vargas Luis M, Gardea-Béjar Alfonso A., Yahia Elhadí M., Ornelas-Paz José de Jesús, Ruiz-Cruz Saúl, Rios-Velasco Claudio, Ibarra-Junquera Vrani. (2021). Comparative study on the phytochemical and nutrient composition of ripe fruit of Hass and Hass type avocado cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103796, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103796>.
- Rios-Figueroa H.V., López del Castillo Lozano M., Ramirez-Gómez E.K., Rechy-ramírez E.J.(2020). Temporal color análisis of avocado dip for quality control. Scrivener Publishing LLC. ISBN: 9781119682042
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2019.