

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Chile chipotle: el secreto está en el ahumado

Karina Galache · Monday, September 30th, 2024

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

Introducción

El chile es una de las bases de la gastronomía mexicana. Se consume fresco o procesado. Entre los principales procesos que se aplican para su transformación, se encuentran la acidificación, el secado, el tostado y el ahumado. Este último tiene relevancia económica en algunos estados del país, principalmente en el estado de Chihuahua que, a través del ahumado del jalapeño rojo, se ha convertido en el máximo productor de chile chipotle.

El chile chipotle es un producto ahumado popular entre los consumidores en el país y cada día es más conocido en mercados internacionales, por su distintivo sabor y aroma en la elaboración de platillos y productos comerciales. Estas características provienen de un proceso de ahumado artesanal, que es operado en condiciones variables.

Debido al poco control en el proceso, se conduce a la formación de compuestos indeseables que afectan la comercialización de este producto. Además, los tiempos largos de procesamiento requeridos, derivan en altos consumos de combustibles fósiles y emisiones contaminantes. En este artículo de divulgación se busca informar al lector respecto a la relevancia del chile chipotle en los mercados nacionales e internacionales, su proceso de obtención y los retos que éste representa.

Capsicum en México

La palabra “chile” es el nombre común de cualquier especie de *Capsicum* spp. en México, América Central y el suroeste de Estados Unidos. El chile fue uno de los principales alimentos utilizados por la sociedad humana desde hace miles de años. Ha sido empleado en gran medida como hierba, especia, pigmento e incluso en el tratamiento de ciertos trastornos de la salud (Antonio *et al.*, 2018; Salehi *et al.*, 2018; Mohd Hassan *et al.*, 2019).

La producción y consumo del chile se ha extendido ampliamente por el mundo, formando parte de una gran variedad de platillos. Este alimento es reconocido por sus sabores únicos, ya sean picantes, picantes dulces y a veces, agrios. Además, es una fuente equilibrada de la mayoría de los nutrientes esenciales, tales como: minerales, provitamina A, vitaminas C y E, carotenoides y

compuestos fenólicos y capsaicinoides, estos últimos responsables de producir su “picor” (Olatunji & Afolayan, 2018; Kantar *et al.*, 2016).

El género *Capsicum* spp. de las familias de las solanáceas es el más importante económicamente. Entre las cinco especies cultivadas reconocidas de este género se encuentran: *C. chinense*, *C. annuum*, *C. pubescens*, *C. baccatum* y *C. frutescens* (Aguirre-Mancilla *et al.*, 2017; Salehi *et al.*, 2018). La mayoría de los tipos de chile rojo, anaheim, serrano, cayena, pimiento morrón verde, pimiento morrón rojo, jalapeño, paprika, piquin y chile bola pertenecen al género *Capsicum annuum* (Figura 1) (Palevitch & Craker, 1996).

En México existe una gran gama de chiles producidos, donde el chile jalapeño es la variedad más importante, dada su producción y consumo (SAGARPA, 2016).



Figura 1. Principales variedades de chiles de la especie *Capsicum annuum* cultivadas en México.

Chile chipotle

Los chiles secos son muy populares en México, dadas las propiedades de aroma y sabor que adquieren después del deshidratado (Figura 2). Sin embargo, a través del ahumado se logra una absorción de componentes del humo, que imparten el aroma y el sabor característico del chile chipotle, que combinado con una deshidratación favorece la obtención de un producto con una vida de anaquel aceptable.



Figura 2. Transformaciones de las diferentes variedades de chile después del ahumado-deshidratado.

El chile chipotle se obtiene a través del ahumado de chiles jalapeños rojos (último estado de maduración), durante largo tiempo de proceso logrando sus características sensoriales (Gómez-Moriel *et al.*, 2012) apreciadas por los consumidores. La palabra chipotle deriva del Náhuatl “chili” que se refiere a fruto picante, y “pochtli” que significa ahumado. México es uno de los principales productores de chile jalapeño y el principal productor a nivel internacional de chile chipotle (NMX-FF-108-SCFI-2007).

En México la regulación de este producto se deriva de la NMX-FF-108-SCFI-2007 “PRODUCTOS ALIMENTICIOS – CHILE CHIPOTLE O CHILPOTLE (*Capsicum annuum*) – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA”, donde se establece que: el chipotle de calidad primera se subdivide en 2 categorías (claro y oscuro) y acorde a su tamaño (tipo I o jumbo, tipo II, tipo III y tipo IV), y debe cumplir las siguientes especificaciones: pungencia (5500-40000 unidades Scoville), tamaño (tipo I: 8 cm mínimo, tipo II: 6.2-7.9 cm, tipo III: 5.0-6.1 cm y tipo IV: 2.5-4.9 cm), color: rojo claro y rojo oscuro, respectivamente, humedad: ? 18%, sabor: ahumado característico, materia extraña: ? 1.0%, pedacería: ? 2.5%, contenido de fenoles: ?75 ppm, color: L^* (20-24), a^* (18-23) y b^* (10-13). Para las especificaciones microbiológicas el conteo de *Salmonella* y *E. coli* debe ser ausente.

Productos alimenticios a base de chipotle

Dadas las características sensoriales del chipotle, el número de platillos que lo incluyen es cada vez mayor, y su presencia en el anaquel de los supermercados es muy variada. En el escaparate podemos ver desde salsas, aderezos, snacks, sazónadores, incluso tortillas, pastas, sopas instantáneas, embutidos, carnes, quesos, productos como el tofu, hummus, mermeladas empleando como atractivo el sabor del chipotle. Además este producto es el ingrediente que no puede faltar en la cocina mexicana, ya sea para la preparación una rica salsa o consomé, o algo más elaborado como unas flautas, un estofado y sin faltar, unos sabrosos tacos (Figura 3).

El empleo de este chile en los alimentos procesados como los preparados en la cocina, ha hecho crecer enormemente el mercado del chipotle, representando una oportunidad para su comercialización en el mercado nacional y de exportación.



Figura 3. Productos alimenticios que emplean chile chipotle.

Producción de chile chipotle en México

En el centro-sur de Chihuahua, en México, hay una región semiárida donde se cultiva y comercializa el chile jalapeño como producto fresco. Anualmente se cosechan en el estado 8 mil toneladas de chiles verdes y la derrama económica por su venta como chipotle es de 765 millones de pesos.

Chihuahua es el primer productor de chile chipotle con un 70% encima de los otros estados que lo producen en la república; el 30% de lo que se produce se exporta a Estados Unidos (González, 2022). Los principales municipios productores son Camargo, Casas Grandes, San Buena Aventura, Delicias, Jiménez y Meoqui.

En el mundo no hay otra zona con una presencia similar en el mercado de este producto; se han hecho muchos intentos en otros países de América del sur y Asia, los cuales no compiten con las características como el sabor, textura, picor, ahumado, que están dentro de las normas mexicanas de elaboración.

Las variedades e híbridos de chile jalapeño que mejor se adaptan a las condiciones de la región son: *H. Tula*, *H. Imperial*, *H. Perfecto*, *H. Marajá*, *H. Compite*, *H. Chipo*, *V. Apache*, *V. Isabel* y *V. Súper* (Báez-Iracheta *et al.*, 2015). Una parte importante de la cosecha de estos chiles se madura (chiles jalapeños rojos) y son empleados para industrialización, mientras que otra parte de estos chiles jalapeños rojos, se procesa como chile chipotle. De manera general, su producción se lleva a cabo en hornos al aire libre, donde los chiles jalapeños rojos son colocados en los hornos ahumadores (Figura 4) donde se quema la madera para permitir que los gases de combustión atraviesen la cama de chiles en proceso, causando la absorción de componentes del humo y su deshidratación (Valdez-Cardenas *et al.*, 2023).



Figura 4. Diagrama de los hornos ahumadores artesanales empleados para la producción de chile

chipotle.

El proceso de ahumado-deshidratado, en estas condiciones, es llevado a cabo en periodos de hasta 7 días y el producto resultante, presenta un sabor ahumado particular con un color rojo oscuro brillante (Figura 5), a bajos niveles de humedad (menor al 18%) (Olivas-Vargas, 2003).



Figura 5. Transformación del chile jalapeño rojo a chipotle.

Cadena de producción de chile chipotle

La figura 6 muestra las etapas del proceso artesanal de producción de chile chipotle. Las materias primas son chiles jalapeños rojos, que corresponden a los últimos cortes del cultivo que se realizan en planta, cuando el chile se encuentra en las últimas etapas de maduración (chiles rojos). El jalapeño rojo es transportado en arpillas o sacos a los campos chipotleros en donde es colocado en los hornos y distribuido sobre un soporte de madera hasta formar una cama o lecho de chiles de aproximadamente 30 cm de altura.

Una vez formadas estas camas, los hornos se encienden, empleando como combustible maderas duras (maderas no coníferas) o blandas (maderas coníferas) (Varlet *et al.*, 2010), o una combinación, según la disponibilidad en la región. Dentro de las principales maderas empleadas se encuentran el nogal, mezquite, pino y álamo. Esta maniobra es regulada por los operadores a lo largo del proceso, suministrando la madera constantemente a los hornos.

Asimismo, el operador realiza periódicamente “volteos” de los chiles, para garantizar el contacto con el humo, y la homogenización del ahumado. Este proceso demanda tiempos de exposición de 4-7 días, dependiendo de la carga de chiles jalapeños. El indicador para los operadores de cuándo el proceso concluye es la apariencia del chile dictada por el contenido de humedad. Cuando adquiere una tonalidad oscura y textura quebradiza como se muestra en la figura 6, se puede decir que está listo para retirarse y continuar con las siguientes etapas de la cadena de producción (comercialización). El proceso es relativamente simple, puesto que no se establecen regulaciones durante su ejecución. Sin embargo, esto conduce a una variabilidad de la calidad del chile chipotle, que podría limitar su comercialización.

Durante la producción de chile chipotle, el ahumado representa una de las etapas de mayor importancia, debido a que conduce a cambios que se relacionan con los atributos de aroma, sabor, color y textura. Estos atributos se hacen notorios en el ahumado, cuando ocurre una ligera cocción de este fruto, presentándose una marcada absorción de diversos componentes del humo en el tejido del chile, los cuales son relacionados a la impartición de las características sensoriales mencionadas.

Mientras ocurre la cocción de los chiles, la deshidratación de los alimentos es inducida por la evaporación del agua, provocando que los nutrientes se concentren y se minimice el crecimiento microbiano, extendiendo la vida en anaquel del producto (Palermo *et al.*, 2013).



Figura 6. Cadena de producción del chile chipotle.

La combustión de la madera empleada para producir humo genera cientos de compuestos sólidos, líquidos y gaseosos, que difieren en el punto de ebullición, la solubilidad, las propiedades químicas y el papel que juegan en el ahumado de los alimentos. Más de 400 compuestos volátiles han sido reportados en el humo; la mayoría de ellos identificados, incluyendo 48 ácidos, 22 alcoholes, 131 carbonilos, 22 esterés, 46 furanos, 16 lactonas, 75 fenoles y 50 compuestos diversos (Soldera *et al.*, 2008). La madera está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina; ésta última es considerada el esqueleto del ahumado, debido a que los productos de degradación durante la combustión son los compuestos fenólicos. La figura 7 muestra los principales compuestos responsables de las características sensoriales en el ahumado. Los fenoles como el o-cresol, m-cresol, p-cresol, guaiacol y catecol, son los responsables del sabor y aroma, y contribuyen a las propiedades antimicrobianas, antioxidantes y de color. El eugenol, el siringol y el 4-metilsiringol son los compuestos más importantes para mejorar las propiedades del sabor. Los derivados de furanos y furfurales imparten notas de sabor afrutadas, acarameladas y dulces a los alimentos y ayudan a suavizar el sabor ahumado muy pronunciado (Xin *et al.*, 2020)..



Figura 7. Compuestos responsables de las características sensoriales durante el ahumado de alimentos.

Además, durante el ahumado se favorece la reacción de Maillard, donde los grupos carbonilo de las cetonas y los aldehídos interactúan con los grupos amino de los aminoácidos para formar los compuestos que contribuyen al color marrón de los productos ahumados (Mbougoung *et al.*, 2020). Mientras que otros compuestos volátiles como los fenólicos, el ácido acético y los carbonilos tienen individualmente actividad antimicrobiana, pero su efecto combinado es superior (Racovita *et al.*, 2020).

La presencia variada de los componentes del humo también depende de la temperatura de degradación térmica de la madera. Después de la liberación de agua (aproximadamente 120 °C – 150 °C), las reacciones de degradación de los componentes de la madera ocurren entre 200-250 °C y 280-320 °C para la hemicelulosa y la celulosa respectivamente, mientras que la lignina a 400 °C (Varlet *et al.*, 2010). Por ello, resulta importante el monitoreo de este parámetro durante el ahumado de chipotle, para garantizar un perfil de componentes en el humo constante.

Además, debido a que durante el ahumado artesanal del chile chipotle no existe regulación de la temperatura, la combustión podría superar los 500 °C y brindar diferentes perfiles de componentes que se verán reflejados en la calidad sensorial y nutricional de alimentos (Sikorski & Sinkiewicz, 2014), incluso podría propiciar la formación de componentes tóxicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), como naftaleno, criseno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, antraceno, benzo(a)antraceno, pireno, benzo(a)pireno y las formas alquiladas/oxidadas de estos componentes, como antraquinona, que han sido asociadas con posibles efectos cancerígenos (Figura 8) (Conde *et al.*, 2005; IARC, 2012).



Figura 8. Hidrocarburos aromáticos policíclicos que pueden formarse durante la combustión de la madera.

La hemicelulosa en maderas duras está compuesta principalmente por pentosanos, mientras que la hemicelulosa en maderas blandas está compuesta principalmente por hexanos. La descomposición térmica de los pentosanos aporta un mayor número de furanos mientras que los hexanos podrían añadir una mayor cantidad de HAP, de ahí la limitación del uso de maderas blandas para ahumar (Varlet *et al.*, 2010).

Limitaciones en la producción de chile chipotle

Los hornos chipotleros artesanales constituyen una fuente importante de ingresos y de empleos para el estado de Chihuahua (Figura 9). Sin embargo, han estado envueltos en una polémica debida al alto costo ambiental que representan, tanto en tala de bosques como en contaminación emitida. Estos factores afectan las políticas actuales sobre el cambio climático y la deforestación (Saiguran-Seuri, 2016), por lo que la situación demanda a los productores a realizar cambios o innovaciones para la implementación de estrategias que permitan aminorar el impacto ambiental que ocasiona el proceso actual.

Algunos intentos para minimizar el empleo de combustibles fósiles y aminorar la contaminación ambiental han sido implementados a través de algunas estrategias, como el empleo de humo líquido. Sin embargo, los chipotles resultantes no han sido aceptados por los consumidores, por la pérdida de algunos atributos sensoriales en el producto.

En el ahumado artesanal para la obtención del chipotle, la falta de control del proceso y los efectos que tiene sobre su comercialización, requiere la innovación y el diseño de un proceso sustentable con la ejecución de programas de buenas prácticas tanto agrícolas como de manufactura, ya que se podría reducir en gran medida los riesgos microbiológicos, físicos y químicos durante el procesamiento. Además, podría coadyuvar para el establecimiento de la trazabilidad del producto y tener un mejor control.

El registro y control de factores de proceso como tipos de madera, tiempos, temperaturas, humedad, resultarían en productos con calidad uniforme y la reducción de la presencia de componentes tóxicos provenientes del humo. Por último, y no menos importante, el cumplimiento de las normativas laborales de higiene y seguridad, incluyendo la protección de la integridad del trabajador, promoverían un ambiente laboral seguro y óptimo (Ávila-Quezada *et al.*, 2009).



Figura 9. Producción de chile chipotle en Chihuahua.

Conclusiones

El chile chipotle ha sido empleado en la cocina mexicana e internacional exitosamente, y ha permitido el desarrollo de platillos típicos o participado como ingrediente en la formulación de otros productos. La mejora de su calidad y procesos de producción representa un área oportunidad para seguir posicionándolo como un producto mexicano auténtico. Este proceso genera fuentes de empleo en las zonas de producción y valor agregado a materias primas que se producen en nuestro

país.

Sin embargo, es apremiante cubrir la serie de detalles que del proceso artesanal derivan, que conduzcan al desarrollo de investigaciones para la innovación y diseño de un proceso sustentable, con el fin de no sólo minimizar la quema de combustibles fósiles para disminuir la tala de árboles y emisión de contaminantes, sino también para la producción de un alimento seguro sin afectar los atributos sensoriales y de aceptabilidad por los consumidores. Atendiendo estas limitantes se favorecerá la comercialización de este producto en los mercados domésticos y de exportación, para mayor beneficio de productores y de las zonas de producción.

Referencias

Aguirre-Mancilla, C. L., De La Fuente, G. I., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J. G., Chablé-Moreno, F., & Raya-Pérez, J. C. (2017). El chile (*C. annum* L.), cultivo y producción de semilla. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.*, (5), 19-27.

Antonio, A. S., Wiedemann, L. S. M., & Junior, V. V. (2018). The genus *Capsicum*: a phytochemical review of bioactive secondary metabolites. *RSC advances*, 8(45), 25767-25784. <https://doi.org/10.1039/C8RA02067A>

Ávila-Quezada, G. D., Islas-Valenzuela, C. I., Muñoz-Márquez, E., & Sánchez-Chávez, E. (2009). Contaminación física y microbiológica del chile” chipotle” durante el deshidratado. *Revista fitotecnica mexicana*, 32(3), 225-231.

Báez-Iracheta, F., Orozco-Hernández, G., García-Nevarez, G., Uribe-Montes, H. y Aldaba, J. (2015). Paquete Tecnológico para Chile Jalapeño. *Fundación Produce Chihuahua*. <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0003Chile1.pdf>

Conde F. J., Ayala J. H., Afonso A. M. & González V. (2005). Emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons from combustion of agricultural and Sylvicultural debris. *Atmos Environ*. 39: 6654–6663. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.07.043>

Gómez-Moriel C. B., Quintero-Ramos, A., Camacho-Dávila, A., Ruiz-Gutiérrez, M.G., Talamás-Abbud, R., Olivas-Vargas, R. & Barnard, J. (2012). Optimization of chipotle pepper smoking process using response surface methodology. *J Food Qual*. 35, 21–33. <https://doi.org/10.3390/foods11142018>

González, J. (agosto 2022). El mundo consume 8 mil toneladas de Chipotle Chihuahuense, ¿Sabes cómo se hace?. *Difusión norte*. <https://clasico.difusionnorte.com/el-mundo-consume-8-mil-toneladas-de-chipotle-chihuahuense-sa-bes-como-se-hace/>

International Agency for Research on Cancer (IARC), (2012). Some Chemicals Present in Industrial and Consumer Products, *Food and Drinking-water, Volume 101 (2012)*. <https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20193171483>

Kantar, M. B., Anderson, J. E., Lucht, S. A., Mercer, K., Bernau, V., Case, K. A., ... & Baumler, D. J. (2016). Vitamin variation in *Capsicum* Spp. provides opportunities to improve nutritional

value of human diets. *PLoS One*, *11*(8), e0161464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161464>

Mbougueng, P. D., Sachindra, N. M., Nodem, N. F. D., & Ngoune, L. T. (2020). Characterization of volatile compounds of liquid smoke flavourings from some tropical hardwoods. *Scientific African*, *8*, e00443. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00443>

Mohd Hassan, N., Yusof, N. A., Yahaya, A. F., Mohd Rozali, N. N., & Othman, R. (2019). Carotenoids of *capsicum* fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. *Antioxidants*, *8*(10), 469. <https://doi.org/10.3390/antiox8100469>

NMX-FF-108-SCFI-2007. Productos alimenticios – chile chipotle o chilpotle (*Capsicum annuum*) – especificaciones y métodos de prueba. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-108-scfi-2007.pdf> Abril 2021.

Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. (2018). The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food science & nutrition*, *6*(8), 2239-2251. <https://doi.org/10.1002/fsn3.790>

Olivas-Vargas, R. (2003). Producción de chile chipotle de calidad uniforme utilizando gas combustible y leña. *Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México.*

Palermo, M., Pellegrini, N., & Fogliano, V. (2013). The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(6), 1057–1070. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6478>.

Palevitch, D., & Craker, L. E. (1996). Nutritional and Medical Importance of Red Pepper (*Capsicum* spp.). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, *3*(2), 55–83. https://doi.org/10.1300/j044v03n02_08

Racovita, R., Secuianu, C., Ciuc?, M. D., & Israel-Roming, F. (2020). Effects of Smoking Temperature, Smoking Time, and Type of Wood Sawdust on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Accumulation Levels in Directly Smoked Pork Sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04116>

Saiguran-Seuri, K. (2016). Diseño y simulación termodinámico de un horno con fuente de energía híbrida solar-gas para la producción de chile chipotle. [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]

Salehi, B., Hernández-Álvarez, A. J., del Mar Contreras, M., Martorell, M., Ramírez-Alarcón, K., Melgar-Lalanne, G., & Sharifi-Rad, J. (2018). Potential phytopharmacy and food applications of *Capsicum* spp.: A comprehensive review. *Natural Product Communications*, *13*(11). <https://doi.org/10.1177/1934578X1801301133>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. (2016). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf

Sikorski, Z., & Sinkiewicz, I. (2014). Principles of smoking. Handbook of fermented meat and poultry. *John Wiley & Sons*.

Soldera, S., Sebastianutto, N., & Bortolomeazzi, R. (2008). Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(8), 2727-2734. <https://doi.org/10.1021/jf072117d>

Valdez-Cárdenas, M., Quintero-Ramos, A., Mendoza, J., Meléndez-Pizarro, C. O., Sánchez-Madrugal, M. A., Espinoza-Hicks, J. C., & Talamás-Lara, D. (2024). Influence of wood type on anthraquinone levels and quality properties of smoked chipotle pepper. *Food Control*, 157, 110156. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110156>

Varlet, V., Serot, T., & Prost, C. (2010). Smoke flavoring technology in seafood. *Handbook of seafood and seafood products analysis*, 233-254.

Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2020). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. *Journal of Cleaner Production*, 125368. doi:10.1016/j.jclepro.2020.125368

Foto de portada: [BlackRiv \(pixabay.com\)](https://pixabay.com)

This entry was posted on Monday, September 30th, 2024 at 10:56 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud](#), [Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.