

REVISIÓN BREVE

Fermentación de vainas de *Vanilla planifolia*

Mariana Montserrath Nájera-Hernández, Ana Gabriela Coutiño-Cortés*

Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.

Resumen

La vainilla (*Vanilla planifolia*) es una orquídea nativa de las selvas tropicales del sureste de México y América Central. Es una planta perenne, terrestre, trepadora, de tallo flexible, simple o ramificado, de color verde brillante. México se ha ubicado como el quinto productor de vainilla a nivel internacional con 4.97 %, después de Indonesia (34.93 %), Madagascar (31.81%), China (11.63%) y Papua Nueva Guinea (6.97 %). A nivel nacional, Veracruz es el principal productor con 70%, le siguen Oaxaca y Puebla, que en conjunto aportan alrededor de 29% de la producción total. Desafortunadamente, no existen tratamientos homogéneos y estandarizados de fermentación y secado de *V. planifolia* que acentúen el sabor y aroma, y esto limita los ingresos de los productores. Por lo tanto, no es capaz de incursionar directamente en mercados como el de alimentos, bebidas, farmacia, cosméticos, artesanías, entre otros. Lo anterior plantea la necesidad de establecer un protocolo de fermentación (curado) de las vainas de *V. planifolia*, que permita unificar las etapas y el tiempo de fermentación, para que con ello se establezca un comercio justo al homogenizar las propiedades sensoriales del producto (extracto). Para aportar en ese sentido el primer paso es unificar los reportes que muestran esfuerzos de fermentación de las vainas de esta planta. El objetivo de esta revisión es recopilar información relacionada con el proceso y tiempo de fermentación de las vainas de *V. planifolia* para la obtención de saborizantes.

Palabras clave:

Aroma a vainilla
Curado
Extracto
Sabor
Vainillina

Keywords:

Vanilla aroma
Cured
Extract
Flavor
Vanillin

Fermentation of *Vanilla planifolia* pods

Abstract

Vanilla (*Vanilla planifolia*) is an orchid native to the rainforests of southeastern Mexico and Central America. It is a perennial, terrestrial, climbing plant with a flexible, simple, or branched stem, bright green. Mexico has been ranked as the fifth largest producer of vanilla internationally with 4.97%, after Indonesia (34.93%), Madagascar (31.81%), China (11.63%) and Papua New Guinea (6.97%). In the country, Veracruz is the main producer with 70%, followed by Oaxaca and Puebla, which together contribute around 29% of the total production. Unfortunately, there are no homogeneous and standardized fermentation and drying treatments for *V. planifolia* that accentuate the flavor and aroma, and this limits the income of producers. Therefore, it is not able to directly enter markets such as food, beverages, pharmacies, cosmetics, crafts, among others. The above raises the need to establish a fermentation (curing) protocol for *V. planifolia* pods, which allows unifying the stages and fermentation time, so that fair trade is established by homogenizing the sensory properties of the product (extract). To contribute with this, the first step is to unify the reports that show fermentation efforts of the pods of this plant. The objective of this review is to collect information related to the fermentation process and time of *V. planifolia* pods to obtain flavorings.

* Autor para correspondencia:

Instituto de Biociencias,
Universidad Autónoma de
Chiapas.
Boulevard Príncipe Akishino
sin número, Colonia
Solidaridad 2000, CP.
30798.
Tapachula, Chiapas, México.
Teléfono: + 52 9626427972.
Correo-electrónico:
ana.cortes@unach.mx

1. Introducción

Vainilla es una de las 155 especies del género *Vanilla* de la familia Orchidaceae (Flores-Jiménez et al., 2017). Dressler (2005), ha reportado que esta especie es originaria de México y Centroamérica. El género *Vanilla* es el único que cuenta con especies que produce frutos comestibles (Augstburger et al., 2000). La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), es el segundo saborizante natural más importante en la industria alimentaria (Anilkumar, 2004; SAGARPA, 2010). De manera específica, *V. planifolia*, es la más importante por su demanda en la industria alimenticia, ocasionando un aprovechamiento del 95% de la producción mundial de esta especie (Bory et al., 2008). Después de que se cosechan los frutos de la vainilla se lleva a cabo un proceso de beneficiado o curado, en la cual se da la formación de vainillina y otros compuestos aromáticos y saborizantes, todo esto es para poder ser comercializada. Dicho proceso puede durar de 3 a 5 meses y no se cuenta con un método estandarizado para poder realizar de una manera correcta el proceso del beneficiado (McGregor, 2005).

2. *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews

2.1. Acerca del origen Totonaca de la vainilla

Antes que los españoles llegaran a América, en la región de Papantla (Veracruz), habitaba el pueblo Totonaca. Según se relata en la leyenda popular, los primeros reyes Totonacas ordenaron construir templos a sus dioses, entre estos dioses se encontraba Tonacayohua, la diosa de la siembra y los alimentos. Esta diosa tenía a su servicio doce jóvenes que desde niñas hacían votos de castidad. El rey Teniztli, consagró a su bella hija Tzacopontziza (Lucero del Alba), al culto de Tonacayohua. Tiempo después, el príncipe Zkotan Oxa (Joven Venado), se enamoró profundamente de Tzacopontziza, a pesar de saber que tal sacrilegio estaba penado con la muerte. Lucero del Alba fue raptada por Joven Venado y al ser descubiertos por los ofendidos sacerdotes, fueron degollados en el lugar y sus corazones sirvieron de ofrenda a la diosa. Así, en el lugar del sacrificio, brotó un arbusto y junto a su tallo, comenzó a crecer una orquídea trepadora. Una mañana la planta se cubrió de pequeñas flores y el sitio se impregnó de un exquisito aroma. Los sacerdotes y el pueblo no dudaron en creer que la sangre de los príncipes se había transformado en árbol y orquídea. Su sorpresa fue mayor, cuando las florecillas se convirtieron en largas y delgadas vainas que despedían un exótico perfume, como si el alma inocente de Lucero del Alba se prodigara en fragancias. Esta orquídea fue declarada planta sagrada y se elevó como ofrenda divina, hasta los adoratorios totonacos, quedando ligada a la cultura agrícola del pueblo. Así, de la sangre de una princesa nació la vainilla, que en totonaco fue llamada Caxi-Xanath, que significa “Flor Recóndita”. Hoy día, se reconoce a la región de Papantla como el centro de origen del cultivo de la vainilla y a los Totonacos, como sus primeros cultivadores y beneficiadores (Damirón, 1994). Con relación a la leyenda que se generó sobre la flor de vainilla, en el centro de Papantla, Veracruz, México se colocó

una escultura con un poema de la autoría de José de Jesús Núñez Domínguez; con la finalidad de recrear la historia de esta especie emblemática y de interés agroindustrial (Figura 1).



Figura 1. Escultura con texto de un poema del autor Núñez Domínguez (1887-1959) con relación a la leyenda de la flor de vainilla perteneciente a la cultura Totonaca. Tomado de Linares-García (2010).

El emperador azteca Itzcóatl (1427-1440) conquistó el territorio totonaca, denominado “Totonacapan”, dentro del cual se encuentra la región vainillera, siendo obligados los totonacos a pagar tributos diversos, en entre ellos el fruto de la vainilla. Bernal Díaz del Castillo, oficial de Hernán Cortés quizá fue el primer español que conoció la especie al observar a Moctezuma tomar una bebida preparada con semilla de cacao en polvo (chocolatl) y vainilla molida. Más adelante Cortés fue invitado por Moctezuma a tomar su primera taza de chocolate servida según la leyenda, en vasijas de oro con cucharas del mismo metal (Damirón, 1994).

Cuando Cortés regresó a España llevaba consigo una orquídea a la que ellos denominaron “vainilla”, debido a la forma alargada del fruto; así como los frutos del árbol del cacao (*Theobroma cacao* L.), ambos productos usados en la elaboración del chocolate. La vainilla y el cacao eran especias y frutos que nunca se habían probado en Europa, y provocaron un gran interés en los recursos naturales del “Nuevo Mundo” que recién habían encontrado. El rey Carlos V, mandó a los frailes dominicos y franciscanos a América, para que documentaran por escrito, los detalles de la cultura, sus riquezas, tanto naturales como materiales, sus usos y todo lo que podría ser de interés para la Corona (Gómez, 2008).

2.2. Generalidades de *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews

Se ha reportado que para la producción comercial de vainilla sólo se cultivan tres especies; *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews o *Vanilla fragans* Salisbury, *Vanilla pompona* Schiede y *Vanilla tahitensis* Moore (Toussaint-Samat, 2002; Curti, 1995). *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews, es una orquídea endémica de Centroamérica y del sur de México. Esta especie es comercializada debido a su capacidad de producir vainillina, compuesto obtenido de las vainas, el cual

se ha convertido en uno de los saborizantes naturales más importantes y caros del mundo (Salazar-Rojas et al., 2012; Bory et al., 2008).

Vargas y Gámez (2014) han reportado que la planta de vainilla es una orquídea perenne, trepadora, de tallo flexible, cilíndrico, simple o ramificado, de color verde brillante, está constituido de 10 a 15 cm de longitud, de 1-2 cm de diámetro, cuenta con hojas alternas dispuestas en zig-zag y las guías pueden llegar a medir hasta 50 m de longitud. Las hojas son flexibles, subsésiles, elípticas, laureadas y succulentas como el tallo y, se disponen de manera alterna a lo largo del tallo acompañados de una yema, la cual no se desarrolla y tiene una raíz adventicia en el lado opuesto de la hoja (Figura 2). Además, se ha reportado que la hoja es una estructura importante, dado que su morfología es útil para la identificación de la especie y la variedad de la planta de vainilla (Vargas y Gámez, 2014).



Figura 2. Estructura de la planta de vainilla, es una orquídea trepadora con disposición de hojas alternas dispuestas.

Las flores se presentan en inflorescencia o racimos conocidos como “macetas” y brotan de las axilas de las hojas; por lo general, son simples de 5 a 8 cm de longitud y agrupadas. La

planta llega a tener de 10 a 15 racimos de flores, compuesto cada uno de por más de 10 flores individuales, las cuales son de color aperlado, blanco amarillento, cuyos brotes florales abren de uno a tres cada mañana en la primavera, pero mueren por las tardes y cuando son polinizadas dan lugar a un fruto carnoso y alargado, de 15 a 25 cm de longitud (Vargas y Gámez, 2014). De acuerdo con lo reportado por Vargas y Gámez (2014), el fruto es una cápsula dehiscente que presenta tres costados cóncavos, posee forma cilíndrica, es de color verde brillante cuando aún no está maduro y se torna de amarillo a café a medida que madura. Su longitud varía de 13 a 25 cm y su diámetro entre 10 y 15 mm (Figura 3).

La propagación de la vainilla se realiza por esquejes o bejucos de por lo menos 80 cm de longitud con cuatro o cinco yemas viables y obtenidos de plantas en producción. Las zonas donde se cultiva vainilla tienen temperatura entre 21 y 32 °C, con un promedio cercano a los 27 °C (Fouché y Jouve, 1999), y una precipitación pluvial entre 1600 y 2500 mm por año, con distribución uniforme durante el año. Sin embargo, requiere que se presente un período más seco (de uno o dos meses) para inducir la floración. Las áreas con una estación seca excesivamente prolongada no son adecuadas para el cultivo de vainilla, excepto que se establezcan sistemas de riego (McGregor, 2005; Damirón, 2004).

La floración de la vainilla se induce tanto con condiciones ambientales adecuadas, como con prácticas de cultivo apropiadas, entre las que pueden mencionarse el manejo de la sombra, las podas, el direccionamiento de la curvatura de la liana, la aplicación de abonos, entre otras. Asimismo, la floración, se ve influenciada por el nivel nutricional y los cambios metabólicos de la planta (Puthur, 2005; Puthur y Kumar, 2006; Tian et al., 2004). McGregor (2005), reportó que en Papua-Nueva Guinea la primera floración de la vainilla se presenta a los tres años, similar a lo reportado por Castro-Bobadilla y García-Franco (2007), quienes indicaron que, para Isla Reunión y México, también transcurrían tres años para apreciar la primera floración de la especie. Una vez la planta empieza a florecer lo seguirá haciendo cada año, durante unos 10 a 12 años. Es importante destacar que el género *Vanilla*, es el único de la familia de las orquídeas que produce frutos comestibles (Augstburger et al., 2000).

En México, todavía es posible obtener frutos de vainilla (*V. planifolia*) de manera natural, es decir, sin que las flores sean polinizadas manualmente, pero ocurre en un porcentaje muy bajo, generalmente del 1% del total de las flores. La polinización se le ha atribuido a la abeja sin aguijón *Melipona beechii*, al pájaro colibrí *Cynnis sp.*, murciélagos y últimamente a las abejas verdes y brillantes de las orquídeas *Euglossa viridissima* (Lubinsky et al. 2006; Hagstaer et al. 2005; Soto 1999).

Cuando la polinización se realiza de forma manual es mediante la remoción de la polinia con una aguja e insertándola entre el rostelo y el estigma (Fouché y Jouve, 1999). Para determinar el momento adecuado de cosecha, los productores, por experiencia utilizan índices con base a días

de polinización a maduración del fruto; pérdida de firmeza o ablandamiento de los tejidos y cambios de color de la epidermis del fruto. El fruto está listo para poder ser cosechado cuando han pasado mínimo seis y máximo nueve meses después de la polinización; la madurez comercial se inicia con cambios fisiológicos caracterizados por reblandecimiento del fruto al tocarlo y cambio de color verde brillante a verde amarillo opaco, el cambio de color se inicia por el ápice del fruto. Se requiere determinar el momento exacto de cosecha, pues frutos cosechados demasiado pronto, presentan mala calidad y bajo contenido de sustancias y, al contrario, las cápsulas demasiado maduras, pueden presentar dehiscencia (Augstburger et al., 2000).

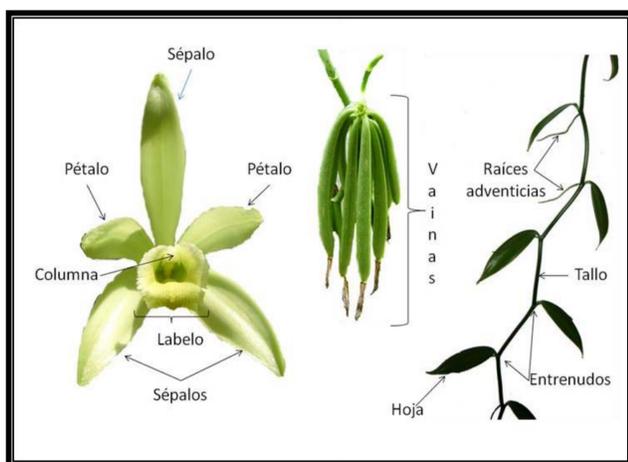


Figura 3. Estructura floral de vainilla, en donde se observa la presencia de tres sépalos, tres pétalos y un labelo. Asimismo, la estructura de las vainas que se forman posterior a la polinización de las flores. Tomado de Padilla-Vega (2010).

3. Compuestos aromáticos de la vainilla

La vainillina, es uno de los componentes naturales que dan sabor y olor a los extractos de vainilla (Negishi et al., 2009). Diversas investigaciones sobre el perfil químico de los extractos de la vainilla la colocan como el componente principal de las vainas ya curadas con una concentración aproximada de 0.3 a 3%, representando una parte del sabor y del olor de los extractos de vainilla (Shyamala et al., 2007). La vainillina es un compuesto con coloración ligeramente amarilla, es volátil y con un olor dulce. Se encuentra acumulado en las vainas verdes de la vainilla como forma de glucósido (Tenailleau et al., 2004). El aroma es liberado únicamente después del beneficiado, en donde el glucósido de la vainillina (glucovainillina) es hidrolizado por la β -glucosidasa (Gatfield et al., 2007; Odoux et al., 2003).

El precursor de la vainillina está presente en las vainas sin curar, en forma de un glucósido llamado glucovainillina o vainillina β -glucósido. Durante el proceso de curado este glucósido, se encuentra encapsulado en las estructuras celulares llamadas vacuolas, es hidrolizado para formar vainillina y glucosa mediante la acción de la β -glucosidasa

(Figura 4), que se encuentra en el citoplasma, periplasma, apoplastos, mesocarpio y pared celular. La actividad de esta enzima cambia la madurez de las vainas, siendo insignificante en las verdes y más alta en las amarillas (Arroyo, 2016). Otros constituyentes de aroma y sabor tales como el ácido p -hidroxibenzoico, el p -hidroxibenzaldeído y el ácido vanílico también están presentes en la vaina verde en sus formas glicosídicas y son liberados a través de la hidrólisis enzimática en el curado (Arroyo, 2016).

4. Saborizantes de *Vanilla planifolia*

Los saborizantes son sustancias con propiedades que son capaces de intensificar o conferir sabor a los alimentos. Dentro de estos se encuentran los saborizantes naturales y artificiales. Los saborizantes naturales se obtienen exclusivamente por métodos físicos, microbiológicos o enzimáticos, a partir de materias primas naturales. Se entienden por materias primas naturales a los productos de origen animal o vegetal que sirven para el consumo humano, estas deben de contener sustancias odoríferas, ya sea en su estado natural o después de un tratamiento adecuado como la fermentación, entre otros (Mercosur/GMC/RES. N 10/06).

4.1. Productos elaborados con vainilla natural

Como antes se mencionó, la vainilla constituye uno de los productos naturales más redituables para la obtención de saborizantes. Algunos productos comerciales en los que utilizan vainilla natural para la producción de saborizantes incluyen a Zanilli® con un contenido de extracto natural de vainilla en agua y alcohol 25% v/v; Monin® con un contenido de agua, extracto natural de vainilla, edulcorante de estevia, eritritol, goma de xantana y ácido láctico; La Anita® compuesto de agua, etanol, colorante caramelo clase IV, extracto de vainilla natural, saborizante artificial, vainillina, 0.1% de benzoato de sodio y sorbato de potasio y; Gaya® que contiene vainilla, agua, alcohol, azúcar, sin conservadores ni colorantes artificiales, sin gluten y sin cumarina.

4.2. Saborizantes artificiales

Los saborizantes artificiales son compuestos químicos, que aún no han sido identificados en productos de origen animal o vegetal, son utilizados por sus propiedades aromáticas, en su estado primario o preparados para el consumo humano (Mercosur/GMC/RES. N 10/06). Algunos productos con sabor a vainilla que se consideran en este grupo incluyen a Pasa vainilla® que contiene agua, etanol, monopropilenglicol, color caramelo IV, vainilla, ethyl maltol, ethyl vainillin, sorbato de potasio 0.1%; La Anita® compuesto de agua, etanol, colorante caramelo clase IV, saborizante artificial, vainillina, benzoato de sodio y sorbato de potasio, etil maltol.

5. Fermentación

Se llama fermentación al proceso microbiano de oxidación incompleta, esto quiere decir que no requiere de oxígeno para poder realizarse y da como resultado una sustancia orgánica.

De acuerdo con Ondarse (2021), es un proceso de tipo catabólico, que da como resultado una transformación de moléculas complejas a moléculas sencillas y se genera energía química en forma de ATP. La fermentación consiste en un proceso de glucólisis (ruptura de la molécula de glucosa) que produce piruvato (ácido pirúvico), y que al carecer de oxígeno como receptor de los electrones sobrantes del NADH producido, emplea para ello una sustancia

orgánica que deberá reducirse para reoxidar el NADH a NAD⁺, obteniendo finalmente un derivado del sustrato inicial que se oxida. Los sustratos de las fermentaciones se incuban en bandejas, tanques o en recintos de temperatura y humedad relativa controladas. Dependiendo de dicha sustancia final, habrá diversos tipos de fermentación (Ondarse, 2021).

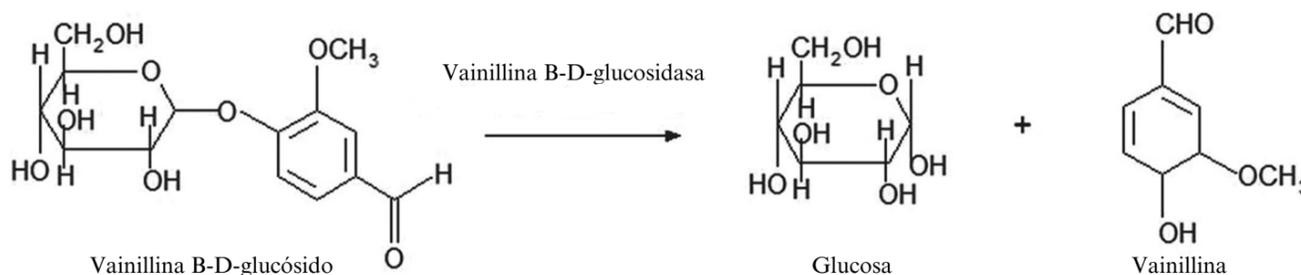


Figura 4. Formación de la vainilla por acción enzimática. Adaptado de Banerjee y Chattopadhyay (2018).

5.1. Proceso de fermentación de *Vanilla planifolia*

En México, durante siglos se ha llevado a cabo la fermentación de vainas de vainilla, este proceso coloquialmente se conoce cómo el curado o beneficio de las vainas, lo que permite el desarrollo de sabor y aroma característico de la vainilla. En este proceso se libera la glucovainillina acumulada en diferentes partes del fruto verde, que se hidroliza por acción catalítica de las enzimas β -glucosidasas y celulasas, para la formación de los compuestos responsables del aroma. El extracto natural de la vainilla tiene muchos compuestos que le dan el sabor característico, son más de 170 componentes aromáticos volátiles que se han identificado (Azeez, 2008; Rao y Ravishankar, 2000).

Los beneficiadores aplican diferentes procesos de fermentación, los cuales los definen en función de las condiciones climáticas, disponibilidad del producto, destino o uso de la vainilla, o si utilizan el sistema tradicional (bajo sol) o tecnificado (horno de convección). Pero tiene en común las cuatro principales etapas: marchitado, sudado, secado y acondicionado.

5.1.1. Etapas de fermentación de *Vanilla*

De acuerdo con lo realizado por los productores, se ha reportado que la cosecha de las vainas deberá iniciarse en la mañana, una vez que los frutos estén secos en forma natural. Las vainas deberán acomodarse de manera horizontal en cajas cosechadoras especialmente diseñadas para protegerlas y mantenerlas ventiladas. Estas mismas cajas sirven para transportar las vainas al beneficio (COVECA, s/f). Existen diferentes métodos de procesar las vainas de vainilla verde con el objetivo de que obtengan el color, olor y sabor característico de las vainas para consumo. El beneficio o curado, requiere la participación de personal especializado, de obreros que se forman paulatinamente en cada una de las fases que conlleva el manejo de la vainilla. De acuerdo con el avance y la experiencia adquirida, estas personas se

clasifican en: aprendices, tenderos, oficiales (de segunda y primera) y maestros. Estos especialistas ponen en juego los sentidos del tacto, olfato, vista y oído para coadyuvar en la obtención de un producto de alta calidad. El proceso de beneficiado se extiende desde enero a mayo, dependiendo del clima y considerando los días nublados y lluviosos que interrumpen el proceso (Hernández-Hernández, 2011).

Aunque existen reportes donde especifican generalidades del beneficio de las vainas, es necesario destacar que en la actualidad no existe un protocolo estandarizado que todos los productores puedan realizar, ya que ellos realizan la fermentación de las vainas de forma empírica y esto va transmitiendo de generación en generación. El objetivo del curado es detener el proceso vegetativo natural y acelerar los cambios que llevarán a la formación de los constituyentes aromáticos del sabor, principalmente la vainillina (Pacheco-Reyes, 2009).

A continuación, se describen las etapas más comunes que de acuerdo con los conocimientos compartidos por diversos productores, se ha aplicado en el proceso (Anandaraj et al., 2005; Damirón, 2004; Gillette y Hofman, 2000; Roldan et al., 1998):

Acopio: Consiste en cuantificar el volumen y conocer el estado de madurez y calidad de la vainilla con la que cuenta o recibe el productor.

Despezonado: Esta es una etapa de suma importancia, que consiste en separar manualmente el pedúnculo floral oprimiendo la base del raquis, ejerciendo presión y girando el pedúnculo con la yema de los dedos, evitando romper la punta del fruto.

Lavado del fruto: Después del despezonado se sumerge dos veces los frutos en una solución de agua con cloro al 0.6% de concentración (10 mL de cloro comercial al 6% por cada 100 mL de agua). No todos los productores realizan este paso.

Marchitado: Consiste en detener la actividad fisiológica del fruto verde, en esta etapa es cuando se inician las reacciones

causadas por enzimas que facilitaran el desarrollo del aroma y del sabor. El método tradicional y más común es utilizando agua caliente bajo diferentes condiciones, después de su inmersión, los frutos deben tener un color entre verde y café, el cual es el indicador de que se hizo un buen marchitado del fruto.

Sudado: Para el desarrollo de esta fase se promueven las reacciones enzimáticas mediante el incremento de la temperatura de las vainas al ser envueltas en franelas de algodón y ser introducidas a un cuarto diseñado para este fin, que debe ser lo suficientemente ventilado para evitar la presencia de hongos. Al finalizar esta etapa los frutos deben ser de color café “chocolate” y aroma suave. La humedad de los frutos es de entre 60-70%. Si los frutos no cambian el color, se colocan en bolsas de plástico negro y se exponen al sol hasta que se oscurezcan y el color se homogenice.

Secado/soleado: Posterior al sudado, cada mañana los frutos se sacan del cajón y se colocan sobre lonas o tarimas al aire libre para exponerlas a los rayos del sol e incrementen su temperatura entre 45-60 °C por períodos de 30 min a 2 h.

Depósito normal: Los beneficiadores en esta etapa clasifican los frutos beneficiados conforme a los criterios de aspecto y longitud. Una vez clasificados se envuelven en papel encerado y empaca en bolsas de plástico, hasta su comercialización.

6. Conclusión

Aún en la actualidad, no existe un único procedimiento estandarizado para la fermentación de vainas de vainilla, debido a que los productores realizan la fermentación de forma empírica. Aunque la mayoría de los productores coinciden en los pasos a realizar, difieren en el desarrollo de cada paso. Asimismo, no existe suficiente información sobre las reacciones bioquímicas que ocurren durante el proceso de la fermentación. Con base en lo anterior, se plantea la necesidad de establecer un protocolo estandarizado de fermentación que homogenice el producto y la calidad del extracto. De igual manera se requieren estudios bioquímicos que permitan saber específicamente las reacciones enzimáticas que suceden durante todo el periodo de la fermentación. Lo anterior podrá abonar para garantizar comercio con precios justos al trabajo de los productores de este cultivo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias

Anandaraj M, Rema J, Sasikumar B, Suseela Bhai. 2005. Vanilla extension Pamphlet. Printer Castle. Kochi. India Pp. 1–11.
 Anilkumar A. 2004. Vanilla cultivation: A profitable agri based enterprise. Kerala Calling 2: 26-30.
 Arroyo N. 2016. Alternativas para mejorar el rendimiento de extracción de vainillina en frutos curados de vainilla.

Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Pp. 37-38.
 Augstburger F, Berger J, Censkowsky U, Heid P, Milz J, Streit C. 2000. Vainilla. 1 ed. Agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Asociación Naturland, Gräfelting, Alemania 5-8.
 Azeez S. 2008. Vanilla. En: Parthasarathy VA, Chempakam B, Zachariah TJ. (Eds.), Chemistry of Spices, CAB International, Pondicherry, India, Pp. 287–289.
 Banerjee G, Chattopadhyay P. 2019. Vanillin biotechnology: the perspectives and future. Journal of the Science of Food and Agriculture 99(2): 499-506.
 Bory S, Grisoni M, Duval MF, Besse P. 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. Genetic Resources and Crop Evolution 55(4): 551-571.
 Castro-Bobadilla G, García-Franco JG. 2007. Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) crop systems used in the Totonacapan area of Veracruz, Mexico: Biological and productivity evaluation. Journal of Food, Agriculture and Environment 5: 136-142.
 COVECA. s/f. Monografía de la Vainilla. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Gobierno del estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz. 28 p.
 Curti ED. 1995. Cultivo y beneficiado de vainilla en México. Organización Nacional de Vainilleros Indígenas de México 96 p.
 Damirón R. 2004. La vainilla y su cultivo. Veracruz Agrícola. Dirección General de Agricultura y Fitosanitaria, Gobierno del Estado de Veracruz, México 50 p.
 Dressler RL. 2005. How many orchid species? Selbyana 26: 155-158.
 Flores-Jiménez A, Reyes-López D, Jiménez-García D, Romero-Arenas O, Rivera-Tapia JA, Huerta-Lara M, Pérez-Silva A. 2017. Diversidad de *Vanilla* spp. (Orchidaceae) y sus perfiles bioclimáticos en México. Revista de Biología Tropical 65(3): 975-987.
 Fouché JG, Jouve L. 1999. *Vanilla planifolia*: history, botany and culture in Reunion Island. Agronomie 19: 689-703.
 Gatfield I, Hilmer J, Weber B, Hammerschmidt F, Reid I, Poutot G, Bertram G. 2007. Chemical and biochemical changes occurring during the traditional Madagascar vanilla curing process. Perfumer & Flavor 32: 1-8.
 Gillete M, Hoffman P. 2000. Vanilla extract. En: Encyclopedia of Food Science and Technology. 2nd. Ed. John Wiley & Sons, New York. Pp. 2383-2399.
 Gómez L. 2008. *Vanilla planifolia*, the first Mesoamerican orchid illustrated, and notes on the La Cruz-Badiano Codex. Lankesteriana 8: 81-88.
 Hagstaer E, Soto-Arenas MA, Salazar-Chávez GA, Jiménez-Machorro R, López-Rosas M, Dressler RL. 2005. Las orquídeas de México: Orquídeas y gente. Instituto Chinoin, México DF. Pp. 38-71.
 Hernández-Hernández J. 2011. Mexican vanilla production. En: Havkin-Frenkel D, Belanger FC (Eds.) Handbook of vanilla science and technology. Wiley-Blackwell Publishing Ltd., NJ, USA. Pp. 3-24.
 Linares-García A. 2010. Statue depicting Tzacopontziza and Zhatan-Oxga from the Totonac legend about the origin of vanilla in Papantla, Veracruz by Teodoro Cano. En: OpenStreetMap. TazacoZkaPapantla.JPG
 Lubinsky P, Van Dam M, Van Dam A. 2006. Pollination of vanilla and evolution in Orchidaceae. Lindleyana 75: 926-929.

- McGregor A. 2005. Diversification into high-value export products: case study of the Papua New Guinea vanilla industry. Agriculture Management, marketing and finance service (AGFS) working document 2, Agriculture Support System Division, FAO, Rome. 9-15.
- Negishi O, Sugiura K, Negishi Y. 2009. Biosynthesis of vanillin via ferulic acid in *Vanilla planiflora*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 9956-9961.
- Ondarse D. 2021. Destilación. Buenos Aires, Arg: concepto de destilación. Recuperado de <https://concepto.de/destilacion/>
- Odoux E, Chauwing A, Brillouet J. 2003. Purification and characterization of vanilla bean (*Vanilla planiflora* Andrews) β -D-Glucosidasa. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 3168-3173.
- Pacheco-Reyes I. 2009. Evaluación del efecto de sonicación-microondas en el beneficiado de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.
- Padilla-Vega J. 2010. Estudio fisiológico de *Vanilla planifolia* Andrews (Orchidaceae), cultivada en un sistema agroforestal en Ixtacomitán, Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. México. 77 p.
- Puthur JT. 2005. Is no flowering on the vertically climbing branches of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) a mystery? Indian Journal of Arecanut, Spices and Medicinal Plants 7: 100-115.
- Puthur JT, Kumar VK. 2006. Studies on the role of nutrients and metabolites on flowering of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). Journal of Plantation Crops 34: 90-93.
- Rao SR, Ravishankar GA. 2000. Vanilla flavor: production by conventional and biotechnological routes. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 289-304.
- Roldán I, Eleuterio C, Mata J, Lara M, Paz J. 1998. El cultivo de la vainilla en Usila, Oaxaca. Organización y autogestión campesina. Dirección General de Culturas Populares, SEP, México. Pp. 63-65.
- SAGARPA. 2010. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Estudio de oportunidades de mercado internacional para la vainilla mexicana. http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/VAINILLA.pdf. Consultado: el 14 de marzo 2023.
- Salazar-Rojas VM, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M. 2012. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. Genetic Resources and Crop Evolution 59: 875-887.
- Shyamala B, Madhava M, Sulochanamma G, Srinivas P. 2007. Studies on the antioxidant activities of natural vanilla extract and its constituent compounds through *in vitro* models. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 7738-7743.
- Soto M. 1999. Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N.º J101. Instituto Chinoín AC, Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología AC. Granada, España. 106 p.
- Tenailléau EJ, Lancelin P, Robins RJ, Akoka S. 2004. Authentication of the irigin of vanillin using quantitative natural abundance C NMR. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 7782-7787.
- Tian YT, Chen SN, Zheng HD, Zhou HC, Yang MZ. 2004. The change of endogenous phytohormones in vanilla fragrans from flower bud differentiation to germination phases. Acta Botanica Yunnanica 26: 213-20.
- Toussaint-Samat M. 2002. La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. Claridades Agropecuarias, 101: 3-16.
- Vargas HJ, Gámez VH. 2014. Producción de vainilla en tres sistemas de producción en la sierra huasteca potosina. INIFAP. Centro de Investigación Regional Noroeste. ampo Experimental San Luis Potosí. Pp. 3-4.