

Monografía: Efecto de la fermentación aerobia del grano de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito

Carlos Andrés Arcos Ávila
C.C. 83042763

Campo Elías Riaño Luna.
D.Ead. MSc. Ingeniero Químico

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales
2017

Monografía: Efecto de la fermentación aerobia del grano despulpado de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito

Elaborado por:

Carlos Andrés Arcos Ávila
C.C 83042763

Director:

Campo Elías Riaño Luna.
D.Ead. MSc. Ingeniero Químico

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en procesos de alimentos y biomateriales

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales
2017

Índice

Introducción	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Definición del problema.....	7
Justificación.....	8
Objetivo general	10
Objetivos específicos.....	10
Marco teórico	11
Conclusiones y recomendaciones.....	29
Referencias	30

Introducción

Colombia es el 3er país exportador de café después de Brasil y Vietnam (García et al., 2017). Lo anterior se refleja en que a nivel nacional la producción de cafés especiales es alrededor de 1,2 millones de sacos exportados para el año cafetero 2013 (FNC, 2013). El Departamento del Huila presenta una producción de alrededor de 2'500.000 sacos de 60 kg anuales, de esta cantidad 698.000 sacos de 60 kg, corresponden a café especial (Diario del Huila, 2016). El Municipio de Pitalito es el primer productor del grano a nivel nacional y el primero en calidad. Según Núñez (2015), 10.800 familias dependen de la producción de café, de la que tienen 20.033 hectáreas cultivadas y la producción alcanza 220.000 cargas de café pergamino seco al año.

La región cuenta con características adecuadas para la producción de cafés de especialidad entre los que se destacan los cafés de origen geográfico, cafés de sombra, cafés de comercio justo y los orgánicos (Rosas, et al., 2008). Destacándose los cafés orgánicos que se desarrollan bajo condiciones de sombra, conservación de la biodiversidad en las zonas de cultivo, debido a su diferencia con el sistema comercial, son cafés con mayores precios de venta e influyen en las características de la bebida, sobre las características físicas y sensoriales de la misma (Rosas, et al., 2008).

El café es susceptible de mejora en sus características sensoriales, especialmente durante la fermentación, en esta etapa los microorganismos generan metabolitos secundarios que producen sabores y aromas, sin embargo, no se conoce claramente la influencia de la fermentación y de los microorganismos en las características organolépticas del café orgánico proveniente del municipio de Pitalito en el Departamento del Huila. Evangelista et al., (2013), afirman que la actividad fermentativa de la microbiota natural presente en el café, ha sido discutida por varios autores, sin embargo, mencionan que la influencia de grupos específicos de cepas de levaduras en la calidad del café procesado por métodos secos, semisecos y húmedos es aún incipiente.

Melo et al., (2014), encontró que las cepas nativas de levadura *P. fermentans* YC5.2 y *Saccharomyces sp. YC9*, son apropiadas para el uso de cultivos starter en el procesamiento húmedo del café, para controlar, estandarizar los procesos de fermentación y producir bebidas de café con perfiles de sabores nuevos.

En virtud de lo anterior, en el presente documento se realiza una revisión bibliográfica del proceso de fermentación anaerobia del café orgánico con el fin de determinar aspectos relacionados con las variables, microorganismos y otros, para obtener cafés con perfiles sensoriales que redunden en mayores ingresos a los productores de la región, y como lo discuten varios autores, generar productos diferenciados en el mercado de los denominados cafés especiales.

Resumen

El Departamento del Huila y el Municipio de Pitalito son los primeros productores de café en cuanto a cantidad y calidad a nivel nacional (Núñez, 2015), sin embargo, una parte del café producido en la región pierde su denominación por las malas prácticas originadas durante el beneficio, especialmente durante la fermentación aerobia, que es una etapa importante en la producción de compuestos de aroma y sabor. Razón por la cual, se realizó una investigación bibliográfica sobre el proceso de fermentación aerobia del café orgánico. Para el efecto, se consultaron 3 bases de datos Scopus, Google académico y Science Direct; seleccionándose 53 artículos, teniendo como diferenciadores de búsqueda aspectos atinentes al fruto y la poscosecha del café. Sobre el referente, varios autores coinciden en la importancia de la calidad de los materiales de entrada, frutos, variables de proceso, microorganismos. Lo investigado permite determinar que estos aspectos influyen en la generación de sustancias volátiles o atributos sensoriales, que permiten diferenciar organolépticamente este tipo de café, entre los que se destacan: perfiles a frutas, mayor acidez y por lo tanto mejores puntajes en taza, permitiendo dar mayor valor agregado al café orgánico.

Abstract

The Department of Huila and the Municipality of Pitalito are the first producers of coffee in quantity and quality at the national level (Núñez, 2015), however, a part of the coffee produced in the region loses its name due to the bad practices originated during the benefit, especially during aerobic fermentation, which is an important stage in the production of aroma and flavor compounds. Reason for which, a bibliographical research on the process of aerobic fermentation of organic coffee was carried out. For this purpose, 3 Scopus databases, Google academic and Science Direct were consulted; selecting 53 articles, having as search differentiators aspects related to the fruit and the posharvest of the coffee. Regarding the reference, several authors agree on the importance of the quality of input materials, fruits, process variables, microorganisms. Aspects that influence the generation of volatile substances or sensorial attributes, which allow to differentiate organoleptically this type of coffee, among which stand out: fruit profiles, greater acidity and therefore better scores in cup, allowing to give greater added value to coffee organic.

Descripción del problema

¿La fermentación aerobia del grano despulpado de café orgánico influye en las características sensoriales especiales de la bebida del café?

Durante la fermentación del café, los microorganismos generan metabolitos secundarios que producen sabores y aromas, sin embargo, no se conoce claramente la influencia de la fermentación y de dichos microorganismos en las características organolépticas del café orgánico en el Municipio de Pitalito. Evangelista et al., (2013), afirman que, durante la fermentación en el café, los metabolitos microbianos producidos en este periodo, se pueden difundir dentro del grano e influenciar la calidad final de la bebida. También afirman, que la actividad fermentativa de la microbiota natural presente en el café, ha sido discutida por varios autores, sin embargo, mencionan que se necesita todavía entender la influencia de grupos específicos de cepas en la calidad del café procesado por métodos secos, semisecos y húmedos.

Justificación

El Departamento del Huila durante el periodo 2016-2019, en su plan de gobierno tiene como propósito el fortalecimiento de los procesos de transformación primario para la generación de valor agregado a través de la agroindustria de base tecnológica, destacándose la inversión en centrales de beneficio del café. En el Departamento, el Municipio de Pitalito es actualmente el primer productor de café y el primero en calidad, según Núñez (2015), 10.800 familias dependen de la producción de café, de la que tienen 20.033 hectáreas cultivadas, su economía gira alrededor de este producto. Sin embargo, existen aún procesos tradicionales en el manejo poscosecha del grano, donde la mayoría de productores no comprenden la importancia de la fermentación para la generación de valor agregado. Estos se han encontrado, como lo afirma Cano et al., 2012, aislados de los cambios del mercado de los cafés especiales. Los cafés orgánicos y con procesos adecuados de fermentación pueden generar cafés premium con alto valor agregado en los mercados especializados, como lo ha demostrado casos exitosos de caficultores de la región.

La importancia de los cafés de especialidad, radica en las características únicas que busca el consumidor, entre las que se destacan los componentes aromáticos, particularmente importantes, ya que son los principales componentes de la experiencia sensorial de los consumidores (Bhumiratana, Adhikari y Chambers, 2011). Dentro de esta categoría según Rosas et al., (2008), se encuentran los cafés de origen geográfico, los cafés de sombra, cafés de comercio justo y los orgánicos; para Macías y Riaño (2002), estos se pueden agrupar en: cafés de origen, altura, orgánicos, de alto tueste y saborizados; afirmando también que la calidad del café depende de diferentes factores, entre los que se encuentra: densidad de siembra, sombra o libre exposición, fertilización química u orgánica, entre otros.

Según Farfán, et al., (2015) para el periodo comprendido entre el 2005 y 2011 la exportación de este tipo de cafés se incrementó en un 125 % para los países miembros (824.650 sacos de 60 kg), de los cuáles Colombia participó con el 9,5 %. Su ventaja es evidente, debido a que los cafés orgánicos influyen en las características de la bebida. Según Rosas et al., (2008), los suelos de los cafés orgánicos tienen influencia sobre las características físicas y sensoriales de la bebida. Macías y Riaño (2002), encontraron en el café orgánico, una mayor cantidad relativa de ésteres, fenoles, pirazinas y menor cantidad de pirroles.

Para Folmer (2014), es necesario discutir tres áreas claves: Nuevas y adicionales creaciones de valor alrededor del café; calidad a lo largo de la cadena, y el entendimiento de las preferencias de los consumidores. En cuanto a la calidad, existen varias maneras de innovar; entre los que se destaca la fermentación, esta se constituye en un aspecto importante como afirma la autora: “los grandes vinos presentan muchas similitudes al procesamiento de los cafés premium, y es perspicaz considerar el paralelo”. En el caso de los vinos, los compuestos de aroma a fruta, en particular los ésteres son metabolitos secundarios producidos por la levadura, durante la fermentación alcohólica (Mouret et al., 2014). Con relación al mismo tema, Evangelista et al., (2013), afirman que, durante la fermentación en el café, los metabolitos microbianos producidos en este periodo, se pueden difundir dentro del grano e influenciar la calidad final de la bebida. También Evangelista et al., (2015) en un estudio posterior al evaluar la diversidad microbiológica en la fermentación espontánea por vía húmeda, muestra la presencia de los siguientes compuestos volátiles en el café tostado: cetonas (sabor mantequilloso), alcoholes (sabor verde), terpenoles y feniletanoles (florales), aldehidos (agrio/huevo), ésteres (nuez), furanos (quemado, almendra, mantequilla).

Según Comitini et al., (2011), en la industria del vino, el uso de mezclas de cultivos controlados, seleccionados de no *Saccharomyces* y *Saccharomyces*, puede tener ventajas sobre fermentaciones inoculadas con cultivos puros de *S. cerevisiae*. Para algunos autores, las levaduras apiculadas pueden impactar la calidad sensorial por la alta producción de compuestos aromáticos (Bonilla et al., 2014; De Benedictis et al., 2011; Moreira et al., 2011).

Melo et al., (2014), al realizar un análisis del uso de levaduras en la fermentación del café por vía húmeda, afirma que se aisló un total de 144, originadas de la fermentación espontánea de granos de café, de acuerdo con sus estudios, *Pichia fermentans* y *Pichia kluyveri*, fueron las más frecuentemente aisladas, seguidas por *Candida glabrata*, *quercitrusa*, *Saccharomyces Pichia caribbica* y *Hanseniaspora opontiae* sp., *Pichia guilliermondii*. Finalmente, el autor afirma que las cepas de levadura *P. fermentans* YC5.2 y *Saccharomyces sp. YC9.15*, tienen un gran potencial para el uso de cultivos starter en el procesamiento húmedo del café, posiblemente puedan ayudar a controlar, estandarizar los procesos de fermentación y producir bebidas de café con perfiles de sabor nuevos.

Objetivos

Objetivo general

Conocer el efecto de la fermentación aerobia del grano despulpado de café orgánico en el desarrollo de características sensoriales especiales de la bebida de café.

Objetivos específicos

Identificar las variables que influyen en la fermentación del grano despulpado de café orgánico.

Conocer los microorganismos responsables de llevar a cabo la fermentación del grano despulpado de café orgánico.

Determinar atributos sensoriales generados a partir de la fermentación del grano despulpado de café orgánico.

Determinar el impacto económico del desarrollo de características sensoriales del café para el productor.

1. Marco teórico

Para Niederhauser et al., (2008) la mayoría de los agricultores, incluidos los más pobres están en el negocio no solo para alimentar y vestir a ellos y a sus familias, sino también para obtener dinero o al menos intercambiar sus mercados. Para el autor, los mercados, no la producción, impulsan cada vez más el desarrollo agrícola. Sin embargo, el precio de la mayoría de los commodities, muestra una caída de 1-3 % por año. Siendo el café un commodity de gran importancia para la economía del país, Cano et al., 2012 afirman que los precios internacionales del café, presentan una gran volatilidad a lo largo del tiempo. Estas fluctuaciones constituyen un riesgo monetario para los participantes del mercado, especialmente para los productores primarios.

Varios autores, han investigado las causas de la pérdida de protagonismo de Colombia en el ámbito internacional relacionado con el café. Cano et al., 2012, afirma: “Colombia, fue tal vez el único entre los grandes jugadores de la caficultura mundial, que no logró aprovechar las ventajas y neutralizar las desventajas del rompimiento del acuerdo mundial del café y el pacto de cuotas en 1989”. El mismo autor, continua con el análisis de la crisis actual, y expone las falencias de los actores gremiales e individuales de la caficultura: “terminaron siendo los más indefensos y menos preparados para actuar en el nuevo escenario mundial del café de libre competencia”, y afirma que se presentó porque, “habían contado con instituciones que les ofrecían seguridad, protección y los eximían de la necesidad de tomar decisiones”. Lo anterior, se refleja la pérdida de Colombia de 7 puntos porcentuales de su participación en la revisión mundial entre 1989 y 2011. La participación del café pergamino en el PIB del sector agropecuario, pasó de representar cerca del 25.0% hacia finales de la década del setenta, a un poco más de 6.0% hoy. En el PIB total, la participación del café cayó a 0.6% en 2011, desde un 3.0% registrado a comienzos de la década de 1980.

A nivel nacional, el cultivo del café representa un renglón muy importante en la economía, como fuente de ingresos para los pequeños productores, tal como lo afirma Echavarría (2014), tomado de Silva et al., 2012, “el café se ha considerado como un tejido social, cultural, institucional y político”. Sin embargo, en los últimos años, Colombia como país productor, ha ido perdiendo competitividad frente a otros países, que no se encontraban en el ámbito internacional como productores del grano.

La importancia del café, se refleja, por ejemplo, en que es el principal commodity alimentario a nivel mundial y el segundo después del crudo (Esquivel y Jiménez, 2012). Su importancia económica, se debe principalmente a la bebida en infusión, que se prepara a partir de granos tostados y molidos. Esto se evidencia en la producción mundial del grano, de alrededor de 145 millones de sacos para el año cafetero 2012/2013, de esta cantidad, Colombia participa con alrededor del 8% de la producción (Echavarría et al., 2014). A nivel nacional la producción de cafés especiales según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) fue alrededor de 1,2 millones de sacos exportados para el año cafetero 2013 (FNC, 2013). El Departamento del Huila para el año 2015, participó con una producción de 2'444.306 sacos de 60 kg, de esta cantidad 41.880.131 kg, equivalente a 698.000 sacos de 60 kg, corresponden a café especial (Diario del Huila, 2016). El Municipio de Pitalito es el primer productor del grano a nivel nacional y el primero en calidad, según Núñez (2015), en el Municipio, 10.800 familias dependen de la producción de café, el Municipio tiene 20.033 hectáreas cultivadas y la producción alcanza 220.000 cargas de café pergamino de café al año. En cuanto a perfil sensorial, se destacan las notas que resaltan acidez media, sabores a fruta y dulce. Caracterizándose los cultivos, por ser en su gran mayoría menores de 2 hectáreas.

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) un café especial, es aquel que es valorado por los atributos consistentes, verificables y sostenibles, por los cuáles están dispuestos a pagar precios superiores que redunden en un mayor ingreso y mayor bienestar a los productores. Dentro de estos se encuentran las categorías: cafés de origen, cafés de preparación, cafés sostenibles, cafés orgánicos, cafés saborizados, cafés de alta tostión, cafés descafeinados. Según el mismo autor la producción de café orgánico para el año 2002-2003 en Colombia fue de 52.717 sacos de 60 kg (5,4%), de los cuales se exportó el 99% (52.200 sacos) (Farfán, 2005).

Para Cano et al., (2012), la dinámica del crecimiento de los cafés especiales durante los últimos años ha venido en notable ascenso, apuntalada de manera sobresaliente en ciertos factores, de los cuales tienen que gozar, como mínimo, todos los cafés especiales en distintas proporciones, según sean las preferencias específicas de cada grupo de consumidores en particular. La importancia de los cafés de especialidad, radica en las características únicas que busca el consumidor, entre las que se destacan los componentes aromáticos, particularmente importantes, ya que son los principales componentes de la experiencia sensorial de los consumidores de la bebida (Bhumiratana, Adhikari, Chambers, 2011). Dentro de esta categoría según Rosas et al., (2008), se encuentran los cafés de origen geográfico, los cafés de sombra, cafés de comercio justo y los orgánicos; para Macías y Riaño (2002), estos se pueden agrupar en: cafés de origen, altura, orgánicos, de alto tueste y saborizados; afirmando también que la calidad del café depende de diferentes factores, entre los que se encuentra la densidad de siembra, sombra o libre exposición, fertilización química u orgánica, entre otros.

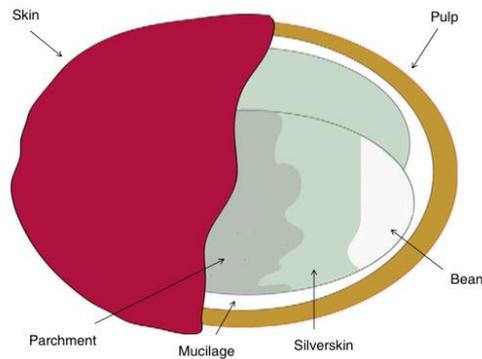
Para la Organización Internacional del café (ICO) el mercado de cafés sustentables está compuesto por: Cafés orgánicos, eco-amigables, comercio justo y doble certificación, de los cuáles la mayor parte proviene de países centro americanos y de otros de Latinoamérica y Asia. (ICO, 2016).

Dentro de los cafés especiales, se tienen los cafés orgánicos, según Rosas et al., (2008), el café orgánico se desarrolla bajo condiciones de sombra y conservación de la biodiversidad de las zonas de cultivo, debido a su sistema de cultivo diferente al sistema comercial, son cafés con mayores precios de venta y según algunos autores, los cafés orgánicos influyen en las características de la bebida. Los suelos de los cafés orgánicos, tienen influencia sobre las características físicas y sensoriales de la misma. Macías y Riaño (2002), encontraron en el café orgánico, una mayor cantidad relativa de ésteres, fenoles, pirazinas y menor cantidad de pirroles a ser sometidos a torrefacción.

1.1 Poscosecha del café

Para entender la importancia de los procesos de poscosecha, en la generación de valor agregado y producción de café especial, es necesario comprender las características del fruto. Como se observa en la siguiente figura (1), el café es un fruto formado por diferentes capas, entre las que se destacan: la piel roja o amarilla (dependiendo del genotipo) se denomina pulpa (skin), seguida del mucílago (mucilage), pergamino (parchment), piel plateada o cutícula (silverskin) y finalmente el grano o almendra (bean).

Figura 1. Capas en el fruto de café



Fuente: Esquivel y Jiménez (2012)

La cereza o fruto del café consiste de un exocarpio, mesocarpio y endocarpio fibroso verde que rodea las semillas. La capa externa conocida como pulpa, es el principal subproducto de la industria del café, además presenta una capa altamente hidratada (alrededor de 4 mm) o mesocarpio interno llamado mucílago (Murthy y Madhava, 2011) (ver figura 1). Dependiendo del tipo de producto a obtener, es necesario retirar estas capas, como lo indica Sunarharum et al., (2014), las dos principales técnicas incluyen: procesamiento seco (natural) y el beneficio húmedo (lavado); la diferencia entre los dos, es la operación de despulpado, así como el proceso de fermentación y lavado. Rendón et al., (2014), hacen referencia a tres métodos de procesamiento o poscosecha: (1) café natural (secando el fruto sin despulpar); (2) café despulpado natural (granos sin fermentar secados con mucílago), también conocido como café semilavado; (3) café despulpado (secado después de la fermentación de la capa de mucílago). En la siguiente figura (2), se observa el proceso de secado de café natural (con cáscara) por el método tradicional, utilizado en África, denominado “camas africanas”.

Figura 2. Secado de cafés naturales en África.



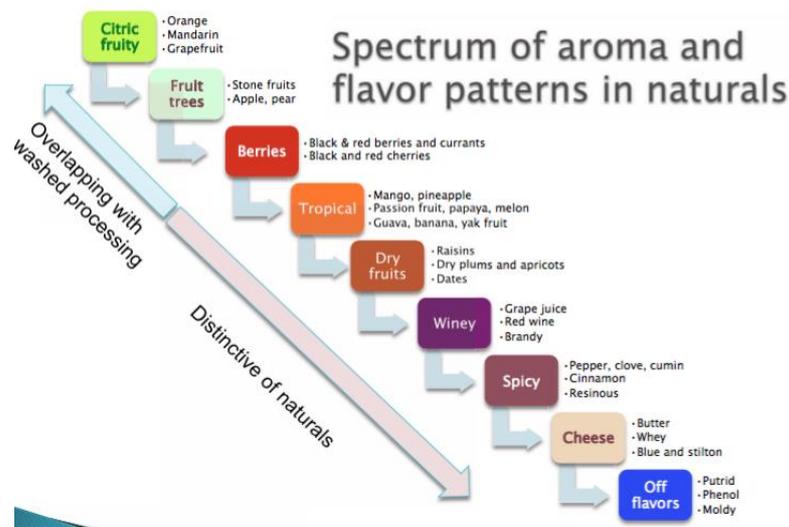
Fuente: Diaz (2014)

Los diferentes tipos de manejo poscosecha de las cerezas de café, determinan diferentes tipos de atributos sensoriales, por ejemplo, para Lee, et al., (2015), el tratamiento poscosecha de las cerezas, es una vía notable para conferir sabores significativos en los perfiles volátiles de aroma de café, de los perfiles de café tostado. Para Melo et al., (2015) la calidad de la bebida está fuertemente relacionada con los cambios químicos ocurridos durante el proceso de tuestión, pero depende también del tratamiento poscosecha del mismo.

El beneficio o procesamiento del café tiene influencia en la calidad en taza, Folmer (2014), afirma que existen varias formas de innovar en el proceso, como la adición de microbiota, que causa cambios en la composición precursora y genera nuevas dimensiones sensoriales en el

café tostado; afirma, por ejemplo, que la fermentación, o el pre tratamiento del café verde antes del tostado proporciona una interesante ruta para el desarrollo de sabores y aromas. En un estudio realizado por la misma autora, compara café tostado por diferentes tratamientos (húmedo, seco y sin procesar), encontrando que el café procesado en seco (ver figura 2), presenta un perfil de aroma más afrutado, el procesado por vía húmeda presenta un sabor tostado sulfuroso y el café sin tratamiento presenta un sabor dulce menor que los demás. Sunarharum et al., (2014) también menciona que el procesamiento de café en seco, produce un café “fuerte” con un sabor medicinal, mientras que el beneficio húmedo produce un café de mejor calidad, con menos cuerpo, mayor acidez y aroma, más que el procesamiento en seco. Para Jöet et al., (2010) el café producido por el método seco, se caracteriza por tener más cuerpo y ser más terroso; el café producido por el método húmedo tiene un mejor aroma, y aceptación.

Figura 3. Espectro de aromas y patrones de sabor en cafés naturales.



Fuente: Díaz, 2013.

Como se observa en la figura anterior, dependiendo del manejo poscosecha del café, se presentan diferentes tipos de aromas y sabores. Para el caso de los cafés lavados (washing procesing) se presentan perfiles de frutos cítricos y frutos de árbol, y para los cafés naturales (secados con cáscara, ver figura 2) se presentan perfiles desde las bayas, frutos tropicales, frutos secos, vino, especiado queso y como defectos se presentan pudrición, fenol y moho (clasificados como fuera de categoría o defectos graves).

Los tipos de procesos de café se relacionan también con el tipo de producto que requiere el consumidor. Actualmente se denomina cafés diferenciados a aquellos que se caracterizan por su forma de proceso única. La tasa de crecimiento de los cafés diferenciados, es mucho mayor que para el café tostado y molido convencional, mientras que para algunos cafés especiales la tasa de crecimiento alcanza dos dígitos, para los tradicionales se expande al 2 % anual (Echavarría et al., 2014). La importancia de los cafés de especialidad o diferenciados radica en las características únicas que busca el consumidor, entre las que se destacan los componentes aromáticos, particularmente importantes en la bebida del café, ya que son los principales componentes de la experiencia sensorial de los bebedores (Bhumiratana, Adhikari, Chambers, 2011). Para Mestdagh et al., (2014), una buena taza de café se caracteriza por un equilibrio sutil en aroma, sabor y sensación en la boca, varios pasos en la cadena productiva del café influyen en estas propiedades sensoriales, en un grado diferentes. Entre los factores que afectan las

propiedades sensoriales del café se encuentran: Variedad de la planta, región y condiciones de cultivo, métodos de procesamiento (desde la cereza hasta el grano de café verde), grado de tuestio, tamaño de la molienda y método de preparación (Bhumiratana, Adhikari, Chambers, 2011).

1.2 Fermentación del café

La fermentación del café consiste en retirar el mucílago o baba mediante la acción de microorganismos, para Puerta et al., (2011) las fermentaciones son procesos bioquímicos realizados por levaduras, bacterias y enzimas, que degradan principalmente los azúcares de los sustratos presentes en el café; la autora destaca la disminución de la concentración de azúcares, producción de ácidos, etanol y degradación de lípidos. Para Puerta (2010) la fermentación es un proceso catabólico, de oxidación de sustancias orgánicas para producir compuestos orgánicos y energía.

Los procesos fermentativos del café se enmarcan en diferentes procesos bioquímicos que según Puerta y Echeverry (2015), se clasifican como:

Tabla 1. Procesos bioquímicos en la fermentación del café

Procesos bioquímicos	Productos generados
Fermentación alcohólica	Alcohol, Dióxido de carbono, ATP, energía.
Fermentación láctica y heteroláctica	Ácido láctico, ácido acético, Dióxido de carbono ATP.
Degradación de lípidos	Ácidos grasos, ésteres
Otras fermentaciones y degradaciones	Ácido galacturónico, metil-ésteres
Acetificación	Volátiles, cetonas, aldehídos, ésteres,
Hidrólisis enzimática	ácidos.

Fuente: (Puerta y Echeverry, 2015)

El fruto de café es un sustrato propicio para el desarrollo de diferentes tipos de microorganismos, debido a la composición de nutrientes presentes en el fruto, según Peñuela (2010), es la siguiente:

Tabla 2. Composición del mucílago de café en base seca

Variable	Mínimo	Promedio	Máximo
Humedad	89,4	92,2	95,8
Azúcares reductores	49,14	63,74	84,47
Azúcares totales	60,24	79,74	99,81
Contenido de pectina	4,6	10,975	19,08
Totales (ppm)	37 708	79 984	104 460

Fuente: (Peñuela, 2010).

Como se observa en la tabla anterior, el mucílago de café está compuesto principalmente de azúcares, agua, es pobre en proteínas y grasas con excepción de las presentes en el germen, lo que lo hace un sustrato rico para el crecimiento de diversos tipos de microorganismos, y la

consecuente generación de metabolitos secundarios, importantes para el desarrollo de aromas y sabores especiales, dulces, cítricos, frutales y tostados (Puerta y Echeverry, 2015).

Lee et al., (2016), al hacer referencia a los cambios generados en la fermentación, menciona que se produce una biotransformación. Para los autores, “la fermentación y biotransformación de diferentes matrices de café a lo largo del proceso, se ha traducido en cafés con características únicas y deseables”. El mismo autor menciona que la fermentación y biotransformación, similar a la de otro tipo de alimentos a diferentes matrices, a través de la cadena de transformación, han resultado en cafés con únicos y deseables atributos.

Diversos autores mencionan la relevancia de la fermentación en el desarrollo de atributos sensoriales, aspectos que se evidencian en campo, cuando se retira el mucílago, y el proceso de fermentación es casi nulo comparado con la fermentación en tanques tina (lavado) (Suarez et al., 2015); en el primer caso por lo general el café presenta una “tasa plana” caracterizada por atributos sensoriales pobres, en el segundo, dependiendo de diferentes variables de la fermentación se puede generar diferentes perfiles o atributos de sabor (descriptores de los atributos). Estos procesos están relacionados con microorganismos de diversas especies, los cuales generan metabolitos secundarios, con potencial para producir sabores y aromas, sin embargo, no se conoce claramente la influencia de la fermentación y de dichos microorganismos en los atributos sensoriales del café.

1.3 Variables relevantes en el proceso de fermentación del grano

En lo referente a las variables del proceso de fermentación, Puerta y Echeverry (2015), mencionan que la velocidad y productos generados en la fermentación, depende de factores que alteran el metabolismo de los microorganismos, entre los que se encuentran:

Tabla 2. Factores que influyen en el proceso de fermentación.

Factor	Influencia
Tiempo	Duración de la fermentación
Condiciones externas	Temperatura del aire, calidad del agua, calidad del aire, higiene.
Sistema de fermentación	Abierto-cerrado, sólido-sumergido, estático-agitado, continuo-discontinuo
Sustrato	Calidad del café baba, despulpado, variedad, madurez, selección, composición química y microbiana.

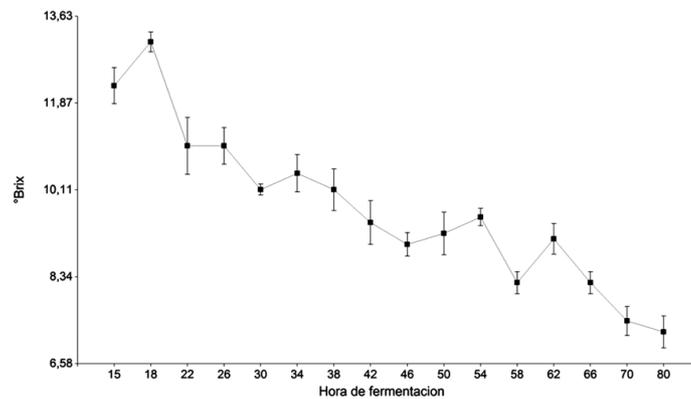
Fuente: Puerta y Echeverry, 2015

Varios estudios, mencionan la importancia del proceso de fermentación del café, evaluando entre otros, la influencia de la temperatura, pH, acidez, sólidos solubles totales; como Puerta (2011), que realiza un análisis de la composición química del café según el tiempo de fermentación y refrigeración, encontrando que los azúcares totales y reductores disminuyen, aumenta la acidez, se produce etanol, y se degradan los lípidos a medida que se lleva cabo el proceso. La autora menciona también, que de los dos tipos de azúcares presentes en el mucílago de café, los reductores son oxidados por las levaduras y las bacterias lácticas, produciendo etanol, ácido láctico y otros compuestos; mientras que los no reductores son degradados por hidrólisis y luego por fermentación, mostrándose variaciones de los azúcares totales a las 8, 26

y después de 52 horas. Peña et al., (2013), evalúa el tiempo de fermentación sobre la calidad en taza (análisis sensorial), encontrando que el tiempo de fermentación no influyó en los atributos de calidad expresados en la taza. Sin embargo, algunos autores como Pantoja et al., (2015), presentan los resultados del seguimiento a variables en la fermentación de café variedad caturra en el Municipio de Pitalito (Huila), encontraron que el mayor puntaje en taza (84,5 puntos) se alcanzó en un periodo comprendido entre 50 y 60 horas, a una altura de 1.450 m.s.n.m y una temperatura promedio de 16 ° C. Los autores concluyen que la calidad del café se puede incrementar al aumentar las horas de fermentación, pero afirman que debe tenerse cuidado de no pasar el punto crítico. Lo anterior se evidencia, en sabores que pueden generar defectos tal y como muestra Díaz, 2013 (ver figura 3).

Al analizar el comportamiento de diferentes variables durante la fermentación del café, Pantoja, et al., (2015), observan los sólidos solubles totales. Los resultados arrojan una tendencia descendente a medida que la transcurre la fermentación (ver figura 4), en este caso, la fermentación se llevó a cabo durante 80 horas.

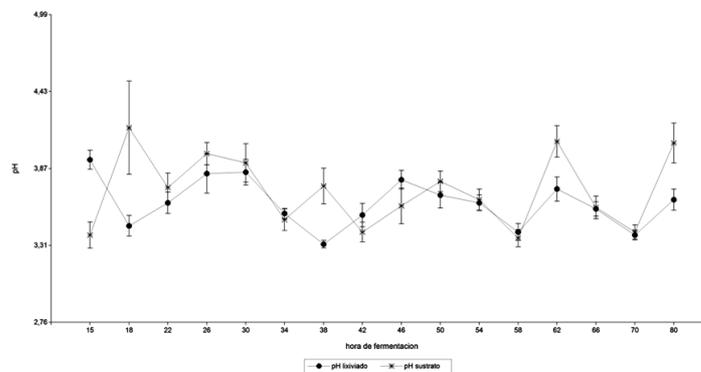
Figura 4. Evolución de los ° Brix durante la fermentación.



Fuente: Pantoja et al., (2015).

El comportamiento del pH, también es analizado por los autores, encontrándose que disminuye más rápidamente durante las primeras 20 horas de fermentación, como se observa en la siguiente figura.

Figura 5. Horas de fermentación Vs pH.



Fuente: Pantoja et al., (2015).

Puerta (2013) realiza un análisis de la fermentación desde las variables de proceso, para la autora, la temperatura durante la fermentación del café, presenta variaciones y son más altas las del sistema que las del aire externo, indicando también que los microorganismos presentes durante la fermentación son mesófilos. Con relación a los grados Brix en sistemas sumergidos, estos aumentan a medida que transcurre la fermentación, debido a la disolución de las sustancias en el agua. El pH del café fresco en baba (mucílago) es ácido al inicio, disminuye más rápido durante las primeras 20 horas debido a la disociación de ácidos, principalmente el ácido láctico, posteriormente el valor de pH del café aumenta por la fermentación del ácido láctico, eliminación de dióxido de carbono, producción de ácidos más débiles a sales. Para la autora, el valor de pH fermentado entre 3,7 y 4,1 es adecuado para interrumpir la fermentación y lavar el café. Con relación al tiempo, se fija de acuerdo a las condiciones de cada finca, pero sugiere entre 16 y 24 horas, iniciando la fermentación en horas de la tarde alrededor de las 4 P.M.

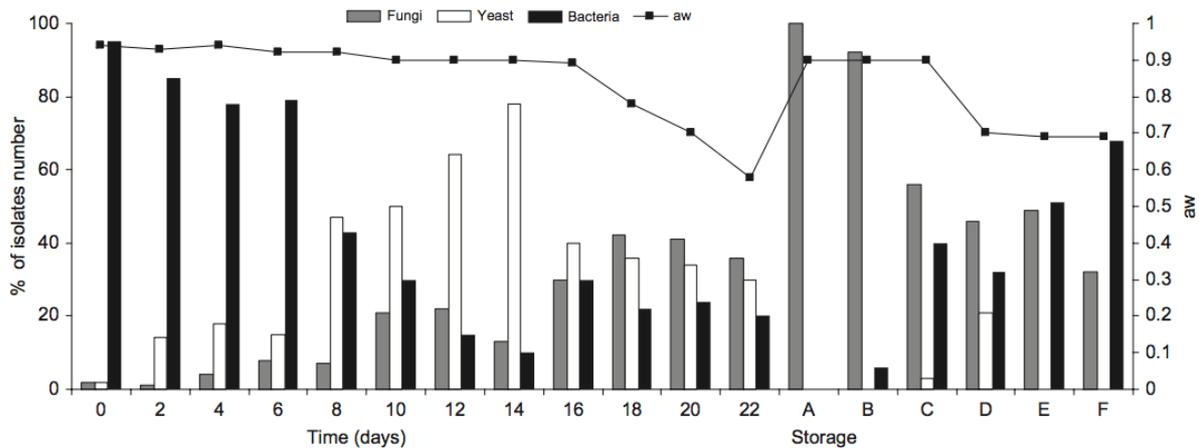
Temperatura

La temperatura tiene influencia en las reacciones bioquímicas, en el caso de la fermentación del café, afecta la velocidad de degradación del mucílago (Puerta y Ríos, 2011). Puerta y Echeverry (2015) al realizar análisis sensorial a diferentes muestras de café afirman que a una temperatura de fermentación de 15 ° C se presentó un incremento de sabores especiales, comparado con fermentaciones a temperaturas de 18 a 26 ° C, y también se presentan defectos como ásperos, madera y agrios a altas temperaturas.

1.4 Microorganismos asociados a la fermentación del grano

Para Folmer, (2014) es necesario discutir tres áreas claves: Nuevas y adicionales creaciones de valor alrededor del café; calidad a lo largo de la cadena, entender la complejidad del gusto y las preferencias de los consumidores. En cuanto a la calidad, existen varias maneras de innovar; entre los que se destaca la fermentación, esta se constituye en un aspecto importante como afirma la autora “los grandes vinos presentan muchas similitudes al procesamiento de los cafés Premium, y es perspicaz considerar el paralelo”. En el caso de los vinos, los compuestos de aroma a fruta, en particular los ésteres, son metabolitos secundarios producidos por la levadura, durante la fermentación alcohólica (Mouret et al., 2014). Con relación al mismo tema, Evangelista et al., (2013), afirman que, durante la fermentación del café, los metabolitos microbianos producidos en este periodo, se pueden difundir dentro del grano e influenciar la calidad final de la bebida. Existe una gran variedad de microorganismos asociados a los frutos del café y estos varían a medida que se desarrolla el proceso de fermentación, el recuento microbiano y su presencia depende también de la ausencia o presencia de oxígeno en la masa de fermentación, aspectos que analizan autores como Ferreira et al., 2008, al mostrar en la siguiente figura (6), donde se observa la cantidad general de microorganismos desde el fruto, hasta el almacenamiento del café después de fermentado y secado.

Figura 6. Frecuencia de hongos filamentosos, levaduras y bacterias, de frutos y granos de café durante la fermentación, secado y almacenamiento.



Fuente: (Silva et al., 2008)

Como se observa en la figura 6, durante la fermentación disminuye la presencia de bacterias, aumenta la cantidad de hongos (fungi) y especialmente las levaduras (yeast). Durante el almacenamiento (storage) aumenta la presencia de hongos y disminuye la de levaduras.

La importancia de los microorganismos en el café, a través de procesos de fermentación controlada, es relevante para desarrollar perfiles de sabores, tal y como lo sugiere Melo et al., (2014). Folmer (2014), menciona que existe mucha más libertad para impactar el desarrollo del aroma, en lo que influye la elección de la microbiota para la fermentación, la cantidad de oxígeno, el tiempo y la temperatura de fermentación, el envejecimiento y las condiciones de almacenamiento. La misma autora menciona que el proceso tiene mucha similitud con la elaboración de vinos. Relacionado con el tema, se habla que la generación biotecnológica de aromas y compuestos se ha venido incrementando, varios microorganismos han sido seleccionados en recientes años y los métodos microbiológicos se subdividen en biotransformación y novo síntesis, lo anterior también evidencia la importancia que puede llegar a tener la fermentación para el café (Akacha y Gargouri, 2014).

Según Huch y Franz (2015) la microbiota presente en el café depende de aspectos como: variedad de la planta, contenido de humedad del grano, método de procesamiento, competencia de sustrato, capacidad enzimática de las especies colonizadoras, su actividad antimicrobiana y el desarrollo de factores. Para Puerta (2012), la presencia de microorganismos depende de diferentes fuentes como: suelo, aire, vegetales, animales, personas, insectos, equipos. Según la misma autora, los principales microorganismos presentes en el café despulpado son: levaduras y bacterias lácticas, también otras bacterias y hongos. Para Iamakan (2014) la microbiota del café incluye hongos filamentosos especialmente de los géneros *Fusarium* y *Penicilium*, levaduras, bacterias lácticas y pectinolíticas. Estos microorganismos, responsables de la fermentación son especies nativas que se originan de la contaminación natural del proceso, incluyendo levaduras, bacterias y hongos filamentosos (Melo et al., 2015).

Oliveros et al., (2011) afirman que la fermentación natural del café se realiza para facilitar la remoción del mucílago por medio del lavado, según los autores, sucede por diferentes enzimas pectinasas, pectinasas y bacterias pectinolíticas que se encuentran en el fruto como: *Erwinia herbicola* y *Klebsiella pneumoniae*. En el proceso de beneficio del café, varios autores hacen referencia a la importancia de esta etapa en la calidad final del producto, por la producción de

compuestos relacionados con el sabor. Melo et al., (2014) han encontrado que *P. Fermentans* YC5.2 produce la más alta concentración de compuestos activos del sabor (acetato de etilo e isoamil acetato). Específicamente, las levaduras apiculadas pueden impactar la calidad sensorial por la alta producción de compuestos aromáticos (Bonilla et al., 2014; De Benedictis et al., 2011; Moreira et al., 2011). Este último compuesto químico presenta importancia para las características sensoriales de la bebida, tal y como lo indican Puerta y Echeverry (2015) “el acetato de etilo es una sustancia que genera olores a manzana a una temperatura de 15 ° C, con una concentración del alrededor el 43 % de acetato de etilo, destacándose entre las sustancias volátiles del mucilago de café fermentado”.

Para Akacha y Gargouri (2014), al realizar un análisis de tecnologías usadas para la producción de compuestos aromáticos, menciona que los microorganismos pueden sintetizar sabores como metabolitos secundarios. Además, la fermentación puede influir en otro tipo de compuestos importantes, Charlotte et al., (2013) indican que existe poca información de la influencia de procesamiento de café en niveles precisos de ácidos clorogénicos (CGA) entregados por la taza, pero que la fermentación puede tener un impacto significativo en el contenido de dichos ácidos.

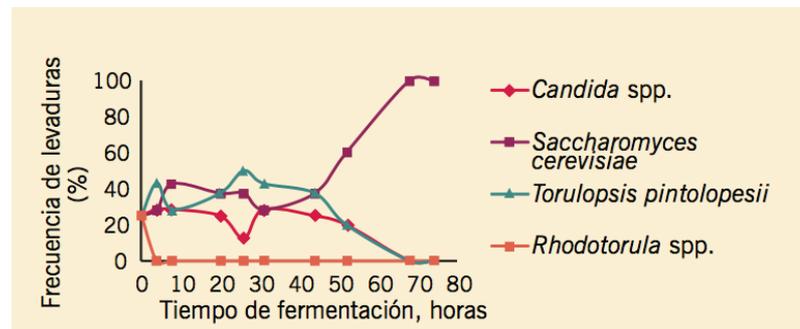
La fermentación natural o espontánea del café se debe a la presencia de diversos microorganismos, Iamanaka *et al.*, (2014), demuestra que los hongos son importantes contaminantes de los frutos de café, especialmente después de la cosecha y el secado, de los que aisló una gran diversidad como *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus section Nigri*, *Penicillium sp. nov.* (cercanamente relacionado a *Penicillium crustosum*) y *Fusarium sp. Both P. brevicompactum* y *Penicillium sp. nov.* En el mismo, los autores concluyen que la presencia de hongos puede estar relacionada con la calidad de la bebida, que genera con una evaluación sensorial negativa. Al realizar caracterización de hongos en diferentes estados de cosecha, secado, y almacenamiento en el procesamiento de café obtenido por el método natural se aisló 263 cepas de hongos filamentosos, encontrando también que la distribución de especies durante la fermentación y el secado fue muy variada, (Ferreira *et al.*, 2008). Evangelista et al., (2015) identificó un total de 363 hongos filamentosos de café en la región de Minas Gerais en Brasil, 132 generos de *Aspergillus*, 101 de *Penicillium*, 58 de *Cladosporium*, 44 de *Fusarium*, 15 *Pestotatia* y 13 de *Paecilomyces*.

Evangelista et al., (2013), afirman que, durante la fermentación en el café, los metabolitos microbianos producidos en este periodo, se pueden difundir dentro del grano e influenciar la calidad final de la bebida. Esto es importante, debido a que la formación de compuestos volátiles en el café, están relacionados con los metabolitos formados durante la fermentación y los compuestos presentes en el grano. También afirman, que “la actividad fermentativa de la microbiota natural, ha sido discutida por varios autores”, sin embargo, mencionan que se necesita todavía entender la influencia de cepas en la calidad del café procesado por métodos secos, semisecos y húmedos.

Un claro ejemplo del control de microorganismos para generar perfiles sensoriales se aprecia en la industria del vino, según Comitini et al., (2011), el uso de mezclas de cultivos controlados, seleccionados de no *Saccharomyces* y *Saccharomyces*, puede tener ventajas sobre fermentaciones inoculadas con cultivos puros de *S. cerevisiae*. Para algunos autores, las levaduras apiculadas pueden impactar la calidad sensorial por la alta producción de compuestos aromáticos (Bonilla et al., 2014; De Benedictis et al., 2011; Moreira et al., 2011). Se refleja la importancia de la fermentación, donde los microorganismos fermentativos como las levaduras, juegan un rol crucial en el desarrollo de características sensoriales, tal y como afirman Mouret et al; Ugliano et al., 2010, “la mayoría de compuestos de aroma a fruta incluyendo los ésteres, son metabolitos secundarios producidos por las levaduras durante la fermentación alcohólica”.

En los procesos de fermentación alcohólica se presentan levaduras del género *Saccharomyces*. En las masas de fermentación del café, también se puede encontrar levaduras *Saccharomyces*, inclusive especies nuevas de *Sacharomyces* se identifican en las masas de fermentación, tal y como lo afirma De Melo *et al.* (2015). De las cepas encontradas por los autores, tenían menos del 97 % de similitud con las especies conocidas. Para Puerta (2012) las levaduras son los microorganismos predominantes durante la fermentación del café, debido a la disminución del pH en la masa de fermentación y por su naturaleza acidófila. En la figura 7 se observa la frecuencia de diferentes tipos de levaduras a medida que se desarrolla el proceso de fermentación en el café, destacándose la presencia durante todo el proceso de *Sacharomyces cerevisiae* (Puerta, 2012)

Figura 7. Levaduras durante la fermentación del mucílago, clasificado por zaranda y sin selección a temperatura ambiente (20 y 5 ° C) en un sistema abierto.

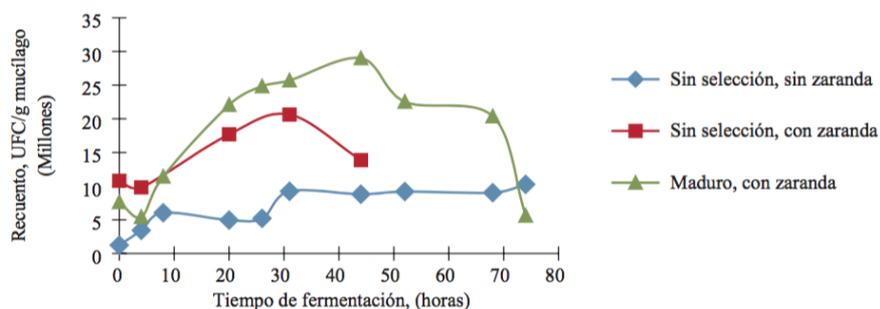


Fuente: (Puerta, 2012)

Melo et al., (2014), al realizar un análisis del uso de levaduras en la fermentación del café por vía húmeda, afirma que aisló un total de 144, originadas de la fermentación espontánea de granos de café, de acuerdo con sus estudios, *Pichia fermentans* y *Pichia kluyveri*, fueron las más frecuentemente aisladas, seguidas por *Candida glabrata*, *quercitrusa*, *Saccharomyces sp*, *Pichia guilliermondii*, *Pichia caribbica* y *Hanseniaspora opuntiae sp.*, Akacha y Gourguri (2014) también afirman la importancia de *Picchia kluveris* como importante microorganismo para proporcionar s-citronel, acetato, con alta enantioselectividad y rendimiento. Finalmente, el autor afirma que las cepas de levadura *P. fermentans* YC5.2 y YC9.15, tienen un gran potencial para el uso de cultivos starter en el procesamiento húmedo del café, “posiblemente puedan ayudar a controlar, estandarizar los procesos de fermentación y producir bebidas de café con perfiles de sabor nuevos”.

Como se evidencia, los microorganismos tienen un papel fundamental, algunos estudios demuestran que el rol de los microorganismos en el proceso de la fermentación del café, se ve influenciado por las especies nativas que varían de acuerdo a la zona de producción, sugiriendo que el uso de cultivos iniciadores para controlar la fermentación, garantiza la estandarización de la calidad y reduce las pérdidas para los productores, resaltando también la importancia de microorganismos propios de los ecosistemas donde se produce el café (por su actividad metabólica más elaborada) (Melo et al, 2015). Para el caso de los vinos a este tipo de levaduras se le denomina de fermentación espontánea o endémicas de las zonas productoras de uva y según Viramontes y Pérez (2016) también se ha analizado el comportamiento de otros microorganismos presentes en el beneficio húmedo del café, como de *Lactobacillus* (Puerta, 2012), afirmando que su presencia se debe al manejo poscosecha, dependiendo del estado de madurez del fruto, tal y como muestra la siguiente figura (8):

Figura 8. Crecimiento de bacterias lácticas en la clasificación del grano de café según el beneficio.



Fuente. Puerta (2012)

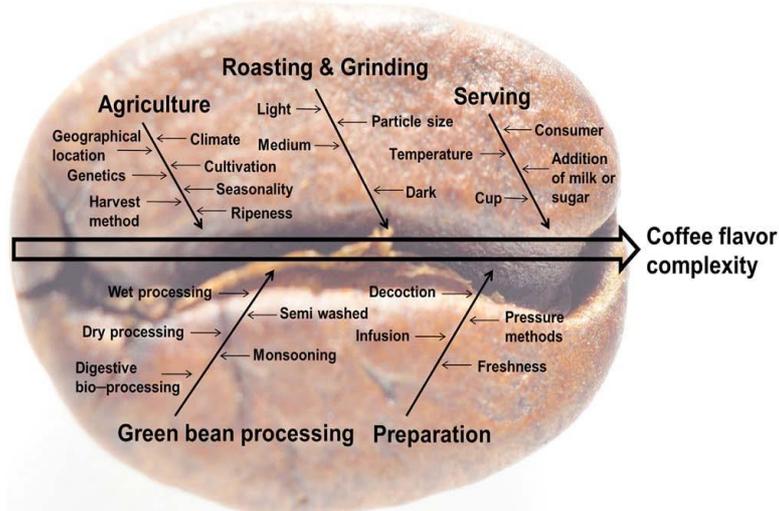
Como se aprecia en la figura anterior, la cantidad de bacterias lácticas depende también del proceso de recolección de café, cobrando gran importancia el estado de madurez del fruto, para los frutos maduros y seleccionados, el recuento de microorganismos lácticos es mucho mayor que los frutos no seleccionados. La importancia de estos microorganismos, radica en la producción de compuestos aromáticos, tal y como lo afirman Melo et al., (2016), al realizar un estudio del mejoramiento de la fermentación con bacterias lácticas mediante la inoculación de *Lactobacillus plantarum* LPBR0, muestra un incremento significativo la formación de compuestos de aroma volátiles durante el proceso de fermentación, tales como etil acetato, etil isobutirato y acetaldehído.

1.5 Perfiles sensoriales originados en la fermentación

Según la SCAA la evaluación sensorial del café se divide en tres etapas: olfacción, degustación y sensación bucal. La olfacción es la evaluación sensorial que se produce en el grano cuando se tuesta el café, la degustación es la evaluación sensorial durante el proceso de preparación de la bebida mediante la extracción con agua, y la sensación bucal hace referencia a la evaluación de las sensaciones táctiles del paladar al momento de degustar la bebida en la boca (SCAA, 2007).

Para Sunarharum, et al., (2014), las propiedades sensoriales del café han sido estudiadas durante muchos años, durante los que se ha venido utilizando un lenguaje para describir las propiedades del sabor a partir de atributos tales como: astringencia, cuerpo, sabor amargo, aroma quemado, típico y sabor quemado, etc. Las propiedades sensoriales antes mencionadas, se miden a través de evaluación sensorial, involucrando seres humanos. Una de las medidas estándar de evaluación sensorial (calidad de taza) es la evaluación de la taza de café (catación), este método incluye catadores entrenados, quienes evalúan el aroma del café y la frescura de la bebida para el aroma y el sabor. Para el autor la complejidad del sabor del café está relacionado con diferentes factores (ver figura 9), entre los que se destacan: agricultura (agriculture), procesamiento de café verde o poscosecha (green bean processing), tuestión y molienda (roasting and grinding), preparación de la bebida (preparation) y servicio (serving).

Figura 9. Factores que influyen en la complejidad del sabor del café



Fuente: Sunarharum (2014).

El análisis sensorial se constituye en un aspecto importante para determinar las características de la bebida del café, determinadas por los sentidos del analista. Para Rosas, et al. (2008), la evaluación sensorial utiliza métodos descriptivos y cuantitativos, en los descriptivos se determina el buqué, el cual incluye: fragancia, aroma, nariz y resabio (sabor residual); en los cualitativos se determina la intensidad del aroma, acidez y cuerpo de la bebida.

El análisis sensorial se realiza mediante la denominada “prueba de taza”, en la que se describen atributos sensoriales como aroma, acidez, sabor y cuerpo que determinan un café de calidad superior por su intensidad equilibrada de acidez y aroma, buen sabor y cuerpo medio (Gutiérrez, Barrera, 2015). Puerta (2000), al determinar la calidad en taza de muestras de café, realizó el análisis sensorial con 5 catadores, calificando las siguientes propiedades sensoriales: Intensidad de aroma del café tostado y molido, aroma de la bebida (aroma), acidez, amargo, cuerpo e impresión global.

Las características principales de un buen café, se relacionan con atributos sensoriales agradables para el gusto de la mayoría de consumidores de la bebida. Algunos autores, han realizado estudios de atributos sensoriales en procesos donde se evalúan microorganismos en la fermentación húmeda, Evangelista, et al., (2015) evaluó la diversidad microbiológica en masas de fermentación de dos regiones productoras de café en Brasil, los atributos sensoriales se evalúan a través de la metodología SCAA (Specialty Coffee Asociation of America); tales como: aroma, sabor, post gusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor.

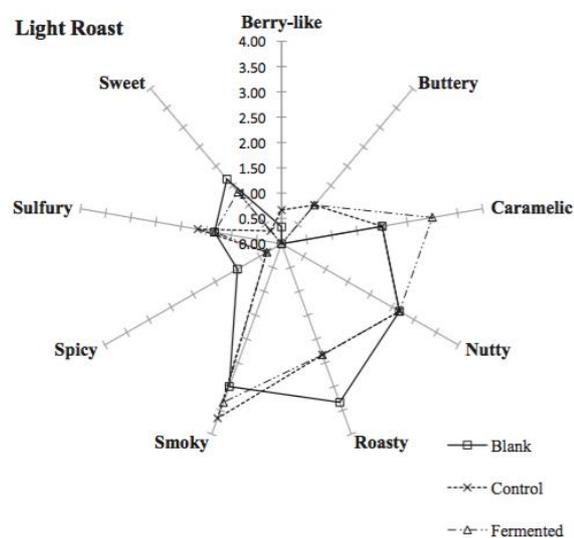
Diversos aspectos se relacionan con las características sensoriales del café, entre los que se encuentran los factores genéticos, medio ambiente y culturales. Destacándose la nutrición mineral, autores como Ribeiro et al., (2008) realizan una comparación de la calidad sensorial en cultivos con productos de síntesis química, y café con manejo orgánico, encontrando que en el primer año no se observan diferencias significativas, pero en el segundo año de evaluación se observa una mejora en la calidad sensorial, comparada con la agricultura tradicional; los atributos evaluados fueron taza limpia, dulzor, acidez, cuerpo, sabor y equilibrio.

Suarez et al., (2015), realiza una evaluación sensorial de diferentes muestras con diferentes rangos altitudinales, características de plantación y beneficio diferentes en 54 fincas de los Municipios de Suaza y Timaná del Departamento del Huila, encuentra que los mejores

resultados sensoriales se obtuvieron de cafés ubicados en zonas de cultivo altas, con beneficio tradicional, lotes de bajo nivel de cobertura arbórea y café variedad caturra.

Lee et al., (2016) realiza una investigación de la fermentación de granos de café verde mediante *Rhizopus oligosporus*, encuentra que se conduce a un aumento de los atributos “dulces” y afrutados para la tostión ligera, lo que se explica por los altos niveles de b-damascenona, presentándose mejores perfiles de aroma con cafés fermentados y procesados con una tostión clara. Los autores concluyen, que el proceso de fermentación tiene impactos significativos en los perfiles volátiles del café tostado. Como se observa en la figura 10, donde se muestra los perfiles sensoriales mediante un diagrama de araña con datos cualitativos y cuantitativos, donde se evalúa los sabores Berry like (sabor a cereza), sweet (dulce), sulfury (sulfuroso), spicy (especiado), smoky (ahumado), roasty (tostado), nutty (De nuez), caramelic (acaramelado), buttery (mantecoso), en los perfiles sensoriales del café fermentando, se ve un incremento en el sabor a caramelo, en este caso se llevó cabo una tostión ligera del grano.

Figura 10. Perfiles sensoriales de aroma de extractos con una tostión ligera.



Fuente: (Lee et al., 2016)

Iamanaka et al., (2014) realiza un análisis del potencial de compuestos volátiles producidos por hongos (ver tabla 2), relacionadas con el uso de diferentes microorganismos aislados del café en el sudeste de Sao Paulo: *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus luchuensis* (Perteneciendo a la división Nigri) y *Penicillium sp. nov.* (relacionado con *Penicillium crustosum*). Como se observa en la siguiente tabla, los mejores resultados desde el punto sensorial se obtuvieron con *Penicillium brevicompactum*, resaltando también las sustancias producidas, identificadas mediante cromatografía: cetonas tales como, octano 3-ona (olor herbal), pentadecano-2-ona (aroma floral), además de otras sustancias identificadas.

Tabla 2. Evaluación sensorial de granos de café no inoculados (muestra control) y granos de café inoculados con *Aspergillus luchuensis*, *Penicillium brevicompactum* y *Penicillium sp. nov.*

Muestra	Resultados de la evaluación sensorial
Control (Café arábico)	Infusión: regular. Espresso: Aroma a chocolate, poco amargo y suave. Evaluación final: Positiva
Café arábico + <i>Aspergillus luchuensis</i>	Infusión: Fermentado, mohoso, terroso. Espresso: stinker, mohoso, terroso. Evaluación final: Negativa.
Café arábico + <i>Penicillium sp. nov.</i>	Infusión: Fuertemente fermentado. Espresso: Fuertemente fermentado, astringente, inmaduro. Evaluación final: Inmaduro.
Café arábico + <i>Penicillium brevicompactum</i> .	Infusión: Limpio. Espresso: aroma floral, caramelo, dulce, un poco astringente. Evaluación final: positiva.

Fuente: (Iamanka, 2014)

Melo et al., (2014) al realizar evaluación de levaduras aisladas de masas de fermentación del café húmedo, encuentra bebidas de café con altas calificaciones sensoriales para fruta, mantequilla y aroma fermentado comparado con la muestra de control sin inocular, y según los autores, aquellas muestras inoculadas con *P. Fermentans*, presentan una alta intensidad de fruta asociada a esteres producidos en la fermentación (etil acetato e isoamilacetato). En el caso de *P. Fermentans*, se considera como una levadura no vínica y de acuerdo a lo publicado por Viramontes y Pérez (2014), se ha propuesto fermentaciones mixtas entre otras con *S. cerevisiae* y *Pichia fermentans* “con el objetivo de incrementar el volumen y la complejidad aromática”.

Los perfiles de sabor originados en el proceso de fermentación son variados. En la siguiente figura, presentada por Díaz (2013), se observa la relación de sabores y aromas de la fermentación.

Figura 11. Otros aromas y sabores relacionados con la fermentación.

Winey	Spicy	Cheesy	"Ferment"	Rancid	Fungus
Grape juice	Resinous	Butter	Onion	Cooked beef	Soily
Red wine	Dry chilies	Whey	Iodine	Animal skin	Moldy
Brandy	Cumin	Dry cheese	Acrid	Rancid butter	Foul
Vinegar-like	Clove-like	Blue cheese	Phenol	Sweaty	
	Pepper	Stilton cheese			

Fuente: Díaz, 2013.

Como se observa en la figura anterior, existen sabores y aromas que se relacionan con los procesos de fermentación del café, entre los que se encuentran: Vinoso (winey), especiado

(spicy), a queso (cheesy), fermentado (ferment), rancio (rancid), fungoso u hongos (fungus). Cada sabor y aroma presenta características de perfil propios como se observa para cada categoría. Algunos sabores, pueden ser desagradables para el consumidor y se consideran defectos, como en el caso del fermento, rancio y fungoso. Por esta razón Peñuela et al., (2010) mencionan que la fermentación es una etapa delicada en el proceso de generación de valor agregado, fermentaciones prolongadas e incompletas pueden generar defectos en el sabor como: grano negro, cardenillo y vinagre, produciendo defectos sensoriales de sabores a fermento, cebolla, vinagre, rancio y stinker (Nauseabundo). En las siguientes figuras (12, 13 y 14), se observan diferentes defectos originados por una fermentación inadecuada (FEDECAFÉ, 2016):

En la figura 12, se observan granos de café negros que pueden ser originados, entre otros, por fermentaciones prolongadas.

Figura 12. Grano negro total y parcial



Fuente. FEDECAFÉ (2016).

La siguiente figura presenta granos cardenillos que pueden ser originados por fermentaciones prolongadas, interrupciones o almacenamiento húmedo del grano.

Figura 13. Grano cardenillo



Figura 14. Grano de café vinagre y parcialmente vinagre



Las diferentes sensaciones percibidas, dependen también del tiempo de fermentación del mucílago. En un estudio realizado por Puerta y Echeverry (2015) se observan los siguientes resultados al comparar diferentes sistemas de fermentación: Abierto sumergido, abierto sólido, cerrado sumergido, cerrado sólido. Se analiza en la tabla 3 que, en los sistemas abiertos sumergidos, la fermentación se puede prolongar durante más tiempo, para los sistemas abierto sólido, cerrado sumergido y cerrado sólido aproximadamente desde las 42 horas se empieza a percibir defectos en el sabor de las muestras analizadas.

Tabla 3. Olores del mucílago de café de fermentaciones controladas a 20 ° C.

Tipo de sistema Tiempo	Abierto sumergido	Abierto sólido	Cerrado sumergido	Cerrado sólido
14	Dulce	Dulce	Dulce, manzana verde	Dulce
18	Banano, limón, verde	Banano, limón, a verde	Vinagre, piña madura	Acetona, leche caliente
42	Apio, cáscara de plátano maduro, césped húmedo	Acetona, ácido acético	Acetona, removedor, ácido acético	Ácido acético, perejil, acetona
66	Limón, cáscara de plátano maduro, kumis, leche agria	Acetona, basura	Vinagre, piña madura	Acetona, removedor, a basura
88	Limón, cáscara de plátano maduro, verdoso	A basura, acre	A basura, guayaba agria, a verde	Acetona, cáscara de plátano maduro, a basura, podrido

Fuente: (Puerta y Echeverry, 2015).

Como mencionan los autores, cada uno de los olores están relacionados con compuestos químicos formados durante las fermentaciones lácticas y alcohólicas, las esterificaciones y la degradaciones de lípidos del mucílago, las que se deben a diversas sustancias volátiles, entre

estos se destacan: acetato de etilo, etanol, ácido acético, linoleato de etilo, acetato de metilbutanol, acetato de metilo, linolenato de etilo, metilbutanol, metilbutanol-isómero, acetato metilbutanol-isómero, hexadecanoato de etilo, caféina, linoleato de metilo, etc.

Conclusiones y recomendaciones

Las variables relevantes en el proceso de fermentación del café son: Tiempo, temperatura ambiental, temperatura de la masa de fermentación, humedad relativa, sólidos solubles totales, pH, estado del grano, calidad del agua, tipo de sistema de fermentación (cerrado, abierto, sumergido, sólido), presencia de microorganismos iniciadores, recuento inicial de microorganismos.

Los microorganismos descubiertos en las masas de fermentación se clasifican en tres grandes grupos: levaduras, bacterias y hongos. Las levaduras se encuentran presentes desde el inicio hasta el final de la fermentación especialmente las *Sacharomyces cerevesiae*, además de otro tipo de levaduras como *Pichia fermentans*, *Pichia kluyveri*, *Hanseniaspora opuntiae sp.* Las levaduras del Género *Pichia* presentan potencial para el desarrollo de aromas y sabores. Dentro del grupo de bacterias se encuentran microorganismos de importancia tales como: bacterias lácticas, *Lactobacillus* que genera ácido láctico, con potencial para desarrollar sabores *Lactobacillus platarum*. Dentro del grupo de hongos, *Aspergillus luchuensis*, y *Penicillium sp. Nov*, con potencial para el desarrollo de sabores se encuentran *Penicillium brevicompactum*.

Los atributos sensoriales que se relacionan con el proceso de fermentación son: Aromas florales, caramelo, dulces, frutos amarillos, frutos rojos, acidez definida (cítrica, málica y láctica). Se destacan también los olores a banano, limón y leche. Sabores a caramelo por la presencia de d-Damascenona.

Se hace necesario investigar diferentes tipos de microorganismos nativos en las masas de fermentación de las zonas rurales del sur del Huila, para mejorar los procesos de fermentación. Según lo evidenciado, es posible generar aspectos sensoriales positivos en la bebida del café a través del control de las variables, según la zona de producción. Los trabajos a proponer son el aislamiento, selección y evaluación de microorganismos, especialmente para levaduras nativas.

Es equiparable comparar el desarrollo biotecnológico del vino, con la aplicación a procesos futuros para el desarrollo de atributos sensoriales en el café, especialmente durante la fermentación del mismo para la generación de perfiles sensoriales únicos. Por lo tanto, el proceso de fermentación del grano de café puede generar especificidad de atributos sensoriales según la región productora. Lo anterior puede dar paso a productos de denominación de origen como en el caso de los vinos u otras bebidas alcohólicas.

El café orgánico presenta un valor agregado en el mercado de los denominados cafés especiales, este se puede incrementar mediante el uso de procesos de fermentación controlada, con el fin de producir perfiles sensoriales únicos, y generando así mayores márgenes de utilidad a los productores primarios de las regiones cafeteras de Colombia.

Las investigaciones realizadas por diferentes autores entre los que se destacan: Melo, G (2014, 2015, 2016), Evangelista S (2013,2015), Lee, L (2015,2016), Puerta, muestran el potencial existente en el desarrollo de procesos para mejorar los perfiles de taza en las masas de fermentación; además, como lo reflejan las investigaciones llevadas a cabo en países productores del grano como Brasil, el aprovechamiento industrial de cepas para cultivos iniciadores es una alternativa promisoriosa.

Referencias bibliográficas

1. Akacha, N., Gargouri, M. (2014). Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: Synthesis, recovery modeling, and bioprocesses. *Food and Bioproducts Processing*. Article in press.
2. Barrera, Gutierrez. (2015). Selección y entrenamiento de un panel de análisis sensorial de café de café *Coffea arabica L.* Universidad Surcolombiana. *Rev. Cienc. Agr.* Julio - diciembre 2015, 32(2): 77 - 87
3. Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers., E (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *Food Science and Technology*. 44, 2185-2192.
4. Bonilla, V., Ferreira, W., Freitas, R (2014). Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource Technology*. 166, 142-150.
5. Cano, C., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J., Tique., E (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores de economía*, núm. 710.
6. Charlotte, E, Oruna, M, Donald, S, Glen, R, Jeremy, P. (2013). The effect of processing on chlorogenic acid content of commercially available coffee. *Food chemistry*. 141, 3335-3340.
7. Comitini, F., Gobi, M., Dominizio, P., Romani, C., Lencioni., Mannazzu, I., Ciani, M (2011). Selected non- *Saccharomyces wine* yeast in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiology*. 28, 873-882.
8. Díaz, M. (2014). Buenas Prácticas de Beneficio y Análisis de la Calidad del Café. ONA Consultores. Armenia Quindío.
9. Díaz, M. (2013). Grading High Quality Arabic Naturals. IV Conference on Arábica Naturals. Bello Horizonte.
10. Echavarría, J., Esguerra, P., MacAllister, D., Robayo, C., (2014). Informe de la misión de estudios para la competitividad de la caficultura en Colombia. Informe parcial.
11. Esquivel, P., Jiménez, V. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. 46, 488-495.
12. Evangelista, S, Ferreira, C, Pedrozo, M, De Souza, C, Marques, A, Ferreira, W, Freitas (2013). Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*. *Food Research International*. 61, 183-195.
13. Evangelista, S. Da cruz, M. Ferreira, C. Marques, A. Freitas, R. (2015). Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation. *International Journal of food Microbiology*. 210, 102-112 pág.

14. Fausto, M. Producción de café en el Huila se acercó 2500000 sacos. Diario del Huila. 2016. Artículo disponible desde: [http://diariodelhuila.com/economia/produccion-de-cafe-en-el-huila-se-acerco-a-los-\\$2'500000-sacos](http://diariodelhuila.com/economia/produccion-de-cafe-en-el-huila-se-acerco-a-los-$2'500000-sacos).
15. Farfán, F. (2005). Cafés especiales, capítulo 10. Federación Nacional de cafeteros.
16. Farfán, F., Serna, C., Sanchez, P. Almacigos para caficultura orgánica, alternativas y costos. (2015). Federación Nacional de Cafeteros, Cenicafé. Avance técnico 452.
17. Federación Nacional de Cafeteros. (2013). Colombia produce y exporta cada vez más cafés especiales, tomado de: http://www.cafedecolombia.com/cci-fnc-es/index.php/comments/fnc_produce_y_exporta_cada_vez_mas_cafes_especiales.
18. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2016). Defectos del café verde. Tomado de: http://www.cafedecolombia.com/clientes/es/regulacion_nacional/exportadores/2831_calidades_de_exportacion/
19. Ferreira, C., Batista, L., Magalhaes, L. Souza, E. Freitas, R. (2008). Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. *Food Microbiology*. 25, 951-957.
20. Folmer, R. (2014). How can science help to create new value in coffee?. *Food research international*. 63, 353-358.
21. Garcia, I., Sanchez, R., Magaña, I. (2017). La agonía del café colombiano. Tomado de: <http://ciperchile.cl/2017/05/05/la-agonia-del-cafe-colombiano/>
22. Gutierrez, N., Barrera, O. (2015). Selección y entrenamiento de un panel de análisis sensorial. *Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño*. 32 (2), 77-87 pág.
23. Huch y Franz (2015). Coffee: Fermentation and Microbiota. *Max Rubent Institut. Advances in Fermented Foods and Beverages*. 21, 501-513, pág.
24. Iamanaka, B., Teixeira, A., Teixeira, A, R., Copetti, M., Bragagnolo, N., Taniwak, M. (2014). The microbiota of coffee beans and its influence on the coffee beverage. *Food Research International*. 62, 353-358 pág.
25. International Coffee Organization. (2016) Developing Sustainable Coffee Economy. The State of Sustainable Coffee, a study of 12 major markets.
26. Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doulebeau, S., Bertran, B., Kochko, A., Dussert, S (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chemistry*. 118, 693-701.
27. Lee, L; Cheong, M; Curran, P; Yu, B; Liu, S (2015). Coffee fermentation and flavor- an intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*. Accepted Manuscript.

28. Lee, L; Cheong, M; Curran, P; Yu, B; Liu, S (2016). Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: II. Effects of different roast levels. *Food chemistry*. 211, 924-936
29. Macias, A., Riaño, C. (2002). *Café Orgánico: Caracterización, torrefacción y enfriamiento*. 53 (4), 291-292.
30. Melo, G., Neto, E. Soccol, V., Pedroni, A. Lorenci. Soccol, C. (2015). Conducting starter culture-controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. *Food Research International*. 75, 348-356 pág.
31. Melo, G., Tomaz, V., Pandey, A. Pedroni, A. Rodrigues, J. Gollo, A. Soccol, C. (2014). Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal of Microbiology*. 188, 60-66.
32. Melo, P., Carvalho, D., Pedroni, A., Soccol, V., Neto, E., Woiciechowski, A., Soccol, C. (2016). Potencial of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. *International Journal of Food Science and Technology*.
33. Mouret, J, Camarasa, C, Angenieux, M, Aguera, E, Perez, M, Farines, V, Sablayrolles, J (2014). Kinetic analysis and gas–liquid balances of the production of fermentative aromas during winemaking fermentations: Effect of assimilable nitrogen and temperatura. *Food Research International*. 62, 1-10.
34. Murthy, P., Madhava, M., (2011). Improvement of Robusta coffee Fermentation with Microbial Enzymes. *European Journal of Applied Sciencies*, New Delhi. 3, 130-139.
35. Niederhauser, N., Oberthür, T., Kattnig, S., Cock, Jru (2008). Information and its management for differentiation of agricultural products: The example of specialty coffee. *Computers and electronics in agriculture*. 61, 241-253.
36. Nuñez, G. (2015). Pitalito, una tierra con aroma y sabor de café y guayaba. *Diario, la Economía*. Tomado de: <http://diariolaeconomia.com/regiones-y-fronteras/item/957-pitalito-una-tierra-con-aroma-y-sabor-de-cafe-y-guayaba.html>
37. Oliveros, C., Sanz, J., Montoya, E., Ramírez, C., (2011). Equipo para el lavado ecológico del café con mucílago degradado con fermentación natural. *Revista de Ingeniería*. ISSN 1211-4993, 61-67
38. Pantoja, C., Rojas, P., Montaña, L., Tovar, E., Ome, Y., Arcos, C., Ordoñez, C., Vega, G. (2015). Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia. *Revista Agroecología Ciencia y Tecnología*. Vól 3, 1. 22-27 pág.
39. Peña, N., Barrera, O., Gutiérrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café. *Universidad Surcolombiana. Revista Ingeniería y Región*. Vól 10, 111-116 pág.

40. Peñuela, A., Oliveros, C., Sanz, J. (2010). Estudio de la remoción del mucílago de café a través de la fermentación natural. Centro Nacional de Investigaciones del Café. Cenicafé. 81 pág.
41. Plan departamental de desarrollo, 2014-2019. Gobernación del Huila.
42. Puerta, G. (2013). Cinética Química de la Fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. CENICAFÉ. 64(1), 42-59 pág.
43. Puerta, G., Ríos, S. (2011). Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. Cenicafé. 62(2), 23-40.
44. Puerta, G. (2012). Factores, procesos y controles de la fermentación del café. Cenicafé. Avances técnicos. 2-12 pág.
45. Puerta, G. Fundamentos del proceso fermentación en el beneficio del café. Avances técnicos. CENICAFÉ. 402, 2-12 pág.
46. Puerta, G., Echeverry, J. (2015). Fermentación Controlada del Café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Avances técnicos 454, Cenicafé. 2-12 pág.
47. Puerta, G., Marín, M., Osorio, B. (2012). Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. Cenicafé. 63 (29), 57-78.
48. Rendón, M., García, T., Bragagnolo, N. (2014). Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. Food Chemistry. 147, 279-286.
49. Ribeiro, M., Fonseca, R., De Rezende, S., Furtado, D. (2008). Calidad sensorial del café de Lavras para un sistema de producción orgánico. Universidad de Lavras, Revista Bragantia, Vol 67, 3.
50. Rosas, J. Escamilla, E. Ruiz, O. (2008). Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales de café orgánico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Vol 26, 375-384.
51. Specialty Coffee Association of America. (2007). Manual del catador del café. Cuarta edición. 66 pág.
52. Suarez, J., Rodríguez, E., Duran, E. (2015). Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo del grano en los atributos sensoriales del café (*Coffea arabica L*) en taza. Acta Agronómica, vol 64, 4.
53. Sunarharum, W, Williams, David, Smyth, H. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. Food Research International. 62: 315–325.
54. Viramontes, R., Pérez, R. (2016). Levaduras vínicas. Universidad Autónoma de Chiguagua. Revista de Enología Científica y Profesional.

¿La fermentación aerobia del grano despulpado de café orgánico influye en las características sensoriales especiales de la bebida del café?

Carlos Andrés Arcos Ávila¹

Resumen

El Departamento del Huila y el Municipio de Pitalito son los primeros productores de café en cuanto a cantidad y calidad a nivel nacional (Núñez, 2015), sin embargo, una parte del café producido en la región pierde su denominación por las malas prácticas originadas durante el beneficio, especialmente durante la fermentación aerobia, que es una etapa importante en la producción de compuestos de aroma y sabor. Razón por la cual, se realizó una investigación bibliográfica sobre el proceso de fermentación aerobia del café orgánico. Para el efecto, se consultaron 3 bases de datos Scopus, Google académico y Science Direct; seleccionándose 33 artículos, teniendo como diferenciadores de búsqueda aspectos atinentes al fruto y la poscosecha del café. Sobre el referente, varios autores coinciden en la importancia de la calidad de los materiales de entrada, frutos, variables de proceso, microorganismos. Lo investigado permite determinar que estos aspectos influyen en la generación de sustancias volátiles o atributos sensoriales, que permiten diferenciar organolépticamente este tipo de café, entre los que se destacan: perfiles a frutas, mayor acidez y por lo tanto mejores puntajes en taza, permitiendo dar mayor valor agregado al café orgánico.

Palabras clave: café orgánico, fermentación aeróbica, análisis sensorial, perfil organoléptico del café

Abstract

The Department of Huila and the Municipality of Pitalito are the first producers of coffee in quantity and quality at the national level (Núñez, 2015), however, a part of the coffee produced in the region loses its name due to the bad practices originated during the benefit, especially during aerobic fermentation, which is an important stage in the production of aroma and flavor compounds. Reason for which, a bibliographical research on the process of aerobic fermentation of organic coffee was carried out. For this purpose, 3 Scopus databases, Google academic and Science Direct were consulted; selecting 33 articles, having as search differentiators aspects related to the fruit and the posharvest of the coffee. Regarding the reference, several authors agree on the importance of the quality of input materials, fruits, process variables, microorganisms. Aspects that influence the generation of volatile substances or sensorial attributes, which allow to differentiate organoleptically this type of coffee, among which stand out: fruit

¹ Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales.
Correo: caarcos@gmail.com

profiles, greater acidity and therefore better scores in cup, allowing to give greater added value to coffee organic.

Key words: organic coffee, aerobic fermentation, sensorial analysis, organoleptic profile of coffee.

Introducción

Colombia es el 3er país exportador de café después de Brasil y Vietnam (García et al., 2017). A nivel nacional la producción de cafés especiales es alrededor de 1,2 millones de sacos exportados para el año cafetero 2013 (FNC, 2013). El Departamento del Huila presenta una producción de alrededor de 2'500.000 sacos de 60 kg anuales, de esta cantidad 698.000 sacos de 60 kg, corresponden a café especial (Diario del Huila, 2016). El Municipio de Pitalito es el primer productor del grano a nivel nacional y el primero en calidad. Según Nuñez (2015), 10.800 familias dependen de la producción de café, de la que tienen 20.033 hectáreas cultivadas y la producción alcanza 220.000 cargas de café pergamino seco al año.

Para Cano et al., (2012), la dinámica del crecimiento de los cafés especiales durante los últimos años ha venido en notable ascenso. La importancia de los cafés de especialidad, radica en las características únicas que busca el consumidor, entre las que se destacan los componentes aromáticos (Bhumiratana, Adhikari, Chambers, 2011). Dentro la categoría de los especiales, según Rosas, et al., (2008), se encuentran los cafés de origen geográfico, los cafés de sombra, cafés de comercio justo y los orgánicos; para Macías y Riaño (2002), estos se pueden agrupar en: cafés de origen,

altura, orgánicos, de alto tueste y saborizados. Los cafés orgánicos, según Rosas et al., (2008), se desarrollan bajo condiciones de sombra y conservación de la biodiversidad en las zonas de cultivo. Debido a su diferencia con el sistema comercial, son cafés con mayores precios de venta e influyen en las características de la bebida, sobre las características físicas y sensoriales de la misma. El beneficio en húmedo del café está conformado por las etapas de: recolección (cosecha), despulpado (retirar el pericarpio), fermentación y secado del grano, en las que se puede influenciar la calidad final de la bebida.

Durante la fermentación del café, los microorganismos generan metabolitos secundarios que producen sabores y aromas, sin embargo no se conoce claramente la influencia de la fermentación y de los microorganismos en las características organolépticas del café orgánico proveniente del municipio de Pitalito en el departamento del Huila. Evangelista et al., (2013), afirman que la actividad fermentativa de la microbiota natural presente en el café, ha sido discutida por varios autores, sin embargo, mencionan que la influencia de grupos específicos de cepas de levaduras en la calidad del café procesado por métodos secos, semisecos y húmedos es aún incipiente.

Melo et al., (2014), encontró que las

cepas nativas de levadura *P. fermentans* YC5.2 y *Saccharomyces sp.* YC9, son apropiadas para el uso de cultivos starter en el procesamiento húmedo del café, para controlar y estandarizar los procesos de fermentación y producir bebidas de café con perfiles de sabores nuevos.

Metodología

De las bases de datos Scopus, Google académico y science direct accedidas desde la e-biblioteca de la UNAD, se seleccionaron fuentes primarias y secundarias. En estas fuentes se tomaron artículos relacionados con la fermentación de café. Realizada acorde con la pertinencia y actualidad de los siguientes criterios de selección: variables que influyen en la fermentación del grano de café orgánico, microorganismos responsables de llevar a cabo esta operación, y los atributos sensoriales generados durante la fermentación. Posteriormente se realizó la sistematización, categorización y análisis de la información.

Resultados

Se seleccionaron 33 artículos científicos. De 115, autores y 14 revistas. Esta información se valida desde los siguientes resultados:

1. Fermentación del café.

Esta consiste en retirar el mucílago o baba (mesocarpio interno) mediante la acción de microorganismos. Según Puerta et al., (2011) son procesos bioquímicos realizados por levaduras, bacterias y enzimas. La presencia de sustratos, especialmente los azúcares son importantes para el desarrollo de aromas y sabores especiales: dulces, cítricos, frutales y tostados (Puerta y Echeverry, 2015). Lee et al., (2016) mencionan que la fermentación y

biotransformación, similar a la de otro tipo de alimentos han resultado en cafés con atributos únicos y deseables.

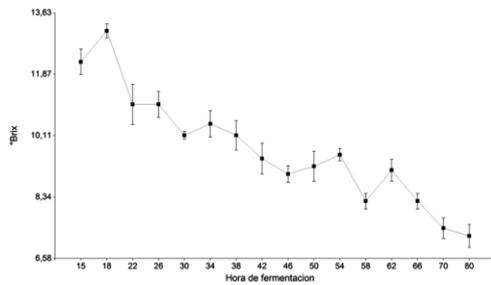
2. Las variables.

Para Puerta y Echeverry (2015), las variables relevantes en el proceso de fermentación del grano son: el tiempo de biofermentación, las condiciones externas (temperatura del aire, calidad del agua, calidad del aire e higiene), el tipo de sistema de fermentación (Abierto-cerrado, sólido-sumergido, estático-agitado, continuo-discontinuo) y el sustrato (calidad del café baba, despulpado, variedad del café, madurez del grano, selección, composición química y microbiana).

La misma autora en otra publicación, (Puerta, 2011), encuentra que los azúcares totales y reductores disminuyen, se incrementa la acidez, se produce etanol, y se degradan los lípidos a medida que se lleva cabo la fermentación, mostrándose variaciones de los azúcares totales a las 8, 26 y después de 52 horas. Peña et al., (2013), encuentra que el tiempo de fermentación no influyó en los atributos de calidad expresados en la taza.

Pantoja *et al.*, (2015), al analizar el comportamiento de diferentes variables durante la fermentación del café en el Municipio de Pitalito, observan una tendencia descendente de los sólidos solubles totales. (ver figura 1).

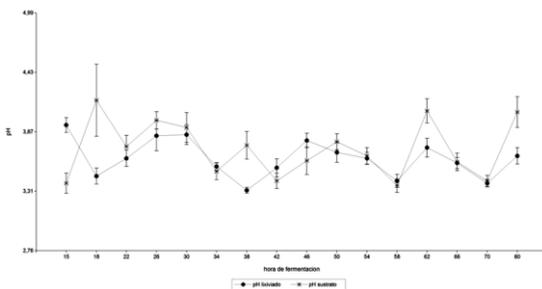
Figura 1. Evolución de ° Brix durante la fermentación del café .



Fuente: Pantoja et al., 2015

También, el pH disminuye más rápidamente durante las primeras 20 horas de fermentación, como se observa en la siguiente figura:

Figura 2. Horas de fermentación Vs pH.



Fuente: Pantoja et al., 2015

3. La concentración de azúcares. Para Puerta (2013), los grados Brix en sistemas sumergidos, aumentan a medida que transcurre la fermentación. El pH del café fresco en baba es ácido al inicio, disminuye más rápido durante las primeras 20 horas, posteriormente aumenta. Para la autora, el valor de pH fermentado entre 3,7 y 4,1 es adecuado para interrumpir la fermentación y lavar el café. Con relación al tiempo, se fija de acuerdo a las condiciones de cada finca, pero sugiere entre 16 y 24 horas.

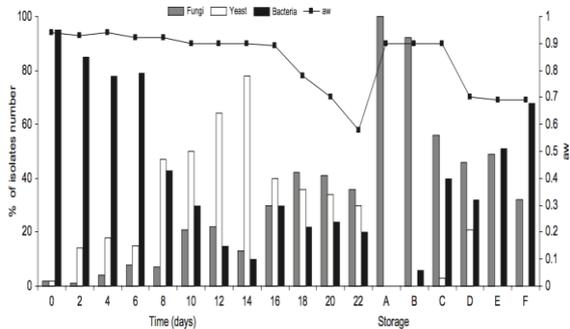
4. La temperatura de fermentación

Para Puerta (2013), es más alta la temperatura del sistema que las del aire externo, esta tiene influencia en las reacciones bioquímicas, afectando la velocidad de degradación del mucílago (Puerta y Ríos, 2011). Puerta y Echeverry (2015), afirman que a una temperatura de fermentación de 15 ° C se presenta un incremento de sabores especiales, a altas temperaturas se pueden generar defectos de sabor.

5. Microorganismos asociados a la fermentación del grano.

Los microorganismos en el café, a través de procesos de fermentación controlada, se relacionan con el desarrollo de perfiles de sabores, tal como lo sugiere Melo et al., (2014). Folmer (2014) destaca la fermentación por la formación compuestos de aromas de fruta, especialmente los ésteres. Los ésteres, que son metabolitos secundarios producidos por la levadura, durante la fermentación alcohólica (Mouret et al., 2014). Ferreira et al., 2008, muestran en la siguiente figura (3), la cantidad general de microorganismos desde el fruto hasta el almacenamiento del café después de fermentado y secado, presentando un aumento en la cantidad de hongos (fungi) y especialmente las levaduras (yeast). Durante el almacenamiento (storage) aumenta la presencia de hongos y disminuyen la de levaduras.

Figura 3. Frecuencia de hongos filamentosos, levaduras y bacterias, de frutos y granos de café durante la fermentación, secado y almacenamiento.



Fuente: Ferreira *et al.*, 2008

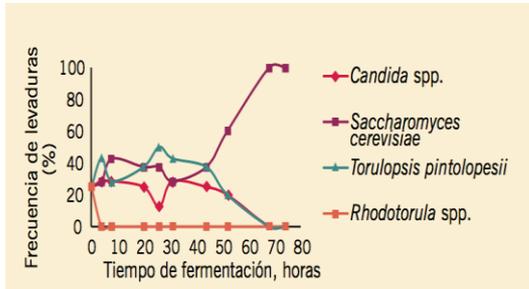
Según Huch y Franz (2015) la microbiota en el café depende de: variedad de la planta, contenido de humedad del grano, método de procesamiento, competencia de sustrato, capacidad enzimática de las especies colonizadoras, actividad antimicrobiana y el desarrollo de factores. Para Puerta (2012), los principales microorganismos presentes en el café despulpado son: levaduras y bacterias lácticas, otras bacterias y hongos. Para Iamakan (2014) la microbiota del café incluye hongos filamentosos especialmente de los géneros *Fusarium* y *Penicillium*, levaduras, bacterias lácticas y pectinolíticas. Siendo especies nativas que se originan de la contaminación natural del proceso, incluyendo levaduras, bacterias y hongos filamentosos (Melo *et al.*, 2015).

Con relación a los hongos, Iamanaka *et al.*, (2014), aislaron una gran diversidad de hongos como *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus section Nigri*, *Penicillium sp. nov.* (cercanamente relacionado a *Penicillium crustosum*) y *Fusarium sp.* Both *P. brevicompactum* y *Penicillium sp. nov.* Ferreira *et al.*, (2008)

también aisló 263 cepas de hongos filamentosos, encontrando que la distribución de especies durante la fermentación y el secado fue muy variada.

Los compuestos volátiles en el café, están relacionados con los metabolitos formados durante la fermentación y compuestos presentes en el grano (Evangelista *et al.*, 2013). Un claro ejemplo del control de microorganismos para generar perfiles sensoriales se aprecia en la industria del vino, según Comitini *et al.*, (2011), el uso de mezclas de cultivos controlados, seleccionados de no *Saccharomyces* y *Saccharomyces*, puede tener ventajas sobre fermentaciones inoculadas con cultivos puros de *S. cerevisiae*. Melo *et al.*, (2014) han encontrado que *P. Fermentans YC5.2* produce la más alta concentración de compuestos activos del sabor (acetato de etilo e isoamil acetato). Este último compuesto químico presenta importancia para las características sensoriales de la bebida, tal y como lo indican Puerta y Echeverry (2015) “el acetato de etilo es una sustancia que genera olores a manzana, destacándose entre las sustancias volátiles del mucilago de café fermentado”. Para Puerta (2012) las levaduras son los microorganismos predominantes durante la fermentación del café, tal y como se observa en la figura 4.

Figura 4. Levaduras durante la fermentación del mucílago, clasificado por zaranda y sin selección a temperatura ambiente (20 y 5 ° C) en un sistema abierto.

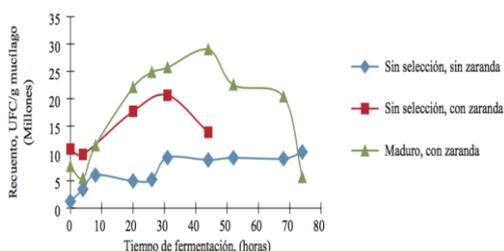


Fuente: Puerta, 2012

Melo et al., (2014), menciona que las cepas de levadura *P. fermentans* YC5.2 y YC9.15, tienen un gran potencial para el uso de cultivos iniciadores en el procesamiento húmedo del café. Akacha y Gourguri, (2014) también mencionan la importancia de *Picchia kluyveris* como importante microorganismo en la fermentación.

Viramontes y Pérez (2016) han analizado el comportamiento de otros microorganismos presentes en el beneficio húmedo del café, como *Lactobacillus*. Puerta (2012), afirma que su presencia se debe al manejo poscosecha, dependiendo del estado de madurez del fruto, tal y como muestra la siguiente figura (5):

Figura 5. Crecimiento de bacterias lácticas en la clasificación del grano de café según el beneficio.



Fuente. Puerta (2012)

Como se aprecia en la figura anterior, para los frutos maduros y seleccionados, el recuento de microorganismos lácticos es mucho mayor que los frutos no seleccionados. También Melo *et al.*, (2016), al realizar un estudio mediante la inoculación de *Lactobacillus platarum* LPBR0, muestra un incremento significativo la formación de compuestos de aroma volátiles durante el proceso de fermentación, tales como etil acetato, etil isobutirato y acetaldehído.

6. Perfiles sensoriales originados en la fermentación

El análisis sensorial se realiza mediante la denominada “prueba de taza”, en la que se describen atributos sensoriales como aroma, acidez, sabor y cuerpo, que determinan un café de calidad superior por su intensidad equilibrada de acidez y aroma, buen sabor y cuerpo medio (Gutiérrez y Barrera, 2015).

Los factores genéticos como los son el medio ambiente y culturales se relacionan con características sensoriales del café. Destacándose la nutrición mineral, autores como Ribeiro et al., (2008) realizan una comparación de la calidad sensorial en cultivos con productos de síntesis química, y café con manejo orgánico, encontrando que en el primer año no se observan diferencias significativas, pero en el segundo año se observa una mejora en la calidad sensorial, comparada con la agricultura tradicional. Suarez et al., (2015), encuentra que los mejores resultados sensoriales se obtuvieron de cafés ubicados en zonas de cultivo altas, con beneficio tradicional, lotes de

bajo nivel de cobertura arbórea y café variedad caturra.

Lee et al., (2016), encuentra un aumento de los atributos “dulces” y afrutados para la tostión ligera, presentándose mejores perfiles de aroma con cafés fermentados y procesados con una tostión clara, utilizando *Rhizopus oligosporus*, en los perfiles sensoriales del café fermentando, se ve un incremento en el sabor a caramelo.

Iamanaka et al., (2014) realiza un análisis del potencial con *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus luchuensis* (Perteneciendo a la división Nigri) y *Penicillium sp. nov.* (relacionado con *Penicillium crustosum*). Los mejores resultados desde el punto sensorial, se obtuvieron con *Penicillium brevicompactum*.

Melo et al., (2014) encuentra bebidas de café con altas calificaciones sensoriales para fruta, mantequilla y aroma fermentado, para muestras inoculadas con *P. Fermentans*, presentando una alta intensidad de fruta asociada a ésteres producidos en la fermentación (etil acetato e isoamilacetato). Viramontes y Pérez (2014), han propuesto fermentaciones mixtas, entre otras con *S. cerevisiae* y *Pichia fermentans* “con el objetivo de incrementar el volumen y la complejidad aromática”.

Los perfiles de sabor originados en el proceso de fermentación son variados, como se observa en la siguiente figura presentada por Díaz (2013).

Figura 6. Otros aromas y sabores relacionados con la fermentación.

Winey	Spicy	Cheesy	"Ferment"	Rancid	Fungus
Grape juice	Resinous	Butter	Onion	Cooked beef	Soily
Red wine	Dry chilies	Whey	Iodine	Animal skin	Moldy
Brandy	Cumin	Dry cheese	Acrid	Rancid butter	Foul
Vinegar-like	Clove-like	Blue cheese	Phenol	Sweaty	
	Pepper	Stilton cheese			

Fuente: Díaz, 2013.

Como se observa en la figura anterior, existen sabores y aromas que se relacionan con los procesos de fermentación del café, entre los que se encuentran: Vinoso (winey), especiado (spicy), a queso (cheesy), fermentado (ferment), rancio (rancid), fungoso u hongos (fungus). Algunos sabores, pueden ser desagradables para el consumidor y se consideran defectos, como en el caso del fermento, rancio y fungoso. Por esta razón Peñuela et al., (2010) menciona que la fermentación es una etapa delicada en el proceso de generación de valor agregado, en donde fermentaciones prolongadas e incompletas pueden generar defectos en el sabor como: grano negro, cardenillo y vinagre, generando sabores a fermento, cebolla, vinagre, rancio y stinker (Nauseabundo).

En un estudio realizado por Puerta y Echeverry (2015), mencionan que cada uno de los olores están relacionados con compuestos químicos formados, entre los que se destacan: acetato de etilo, etanol, ácido acético, linoleato de etilo, acetato de metilbutanol, acetato de metilo, etc.

Conclusiones

Las variables relevantes en el proceso de fermentación del café son: tiempo, temperatura ambiental, temperatura

de la masa de fermentación, humedad relativa, sólidos solubles totales, pH, estado del grano, calidad del agua, tipo de sistema de fermentación (cerrado, abierto, sumergido, sólido), presencia de microorganismos iniciadores, recuento inicial de microorganismos.

Los microorganismos descubiertos en las masas de fermentación se clasifican en tres grandes grupos: levaduras, bacterias y hongos. Las levaduras se encuentran presentes desde el inicio hasta el final de la fermentación, especialmente las *Sacharomyces cerevisiae*, además de otro tipo de levaduras como *Pichia fermentans*, *Pichia kluyveri*, *Hanseniaspora opuntiae* sp. Las levaduras del género *Pichia* presentan potencial para el desarrollo de aromas y sabores. Dentro del grupo de bacterias se encuentran microorganismos de importancia tales como: bacterias lácticas, *Lactobacillus* que genera ácido láctico, con potencial para desarrollar sabores *Lactobacillus platarum*. Dentro del grupo de hongos: *Aspergillus luchuensis*, y *Penicillium* sp. *Nov*, con potencial para el desarrollo de sabores se encuentran *Penicillium brevicompactum*.

Los atributos sensoriales que se relacionan con el proceso de fermentación son: Aromas florales, caramelo, dulces, frutos amarillos, frutos rojos, acidez definida (cítrica, málica y láctica) y sabores a caramelo por la presencia de d-Damascenona. Se destacan también los olores a banano, limón leche.

El café orgánico presenta un valor agregado en el mercado de los denominados cafés especiales, este se puede incrementar mediante el uso

de procesos de fermentación controlada, con el fin de producir perfiles sensoriales únicos y generar mayores márgenes de utilidad a los productores primarios, de las regiones cafeteras de Colombia.

Referencias

1. Akacha, N., Gargouri, M. (2014). Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: Synthesis, recovery modeling, and bioprocesses. Food and Bioprocesses Processing. Article in press.
2. Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. Food Science and Technology. 44, 2185-2192.
3. Cano, C., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J., Tique, E (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. Borradores de economía, núm. 710.
4. Comitini, F., Gobi, M., Dominizio, P., Romani, C., Lencioni, Mannazzu, I, Ciani, M. (2011). Selected non-*Saccharomyces wine* yeast in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. Food Microbiology. 28, 873-882.
5. Diario del Huila, Producción de café en el Huila se acercó a los 2.500.000 de sacos, tomado de:

- [http://diariodelhuila.com/economia/produccion-de-cafe-en-el-huila-se-acerco-a-los-\\$2'500000-sacos-colombiano](http://diariodelhuila.com/economia/produccion-de-cafe-en-el-huila-se-acerco-a-los-$2'500000-sacos-colombiano). Tomado de: <http://ciperchile.cl/2017/05/05/la-agonia-del-cafe-colombiano/>
6. Díaz, M. (2013). Grading High Quality Arabic Naturals. IV Conference on Arábica Naturals. Bello Horizonte, Brasil.
 7. Evangelista, S., Ferreira, C., Pedrozo, M., De Souza, C., Marques, A., Ferreira, W., Freitas, R. (2013). Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. Food Research International.
 8. Federación Nacional de Cafeteros (FNC) (2013). Colombia produce y exporta cada vez mas cafés especiales, tomado de: <http://www.cafedecolombia.com/cci-fnc-es/index.php/comments/fnc-produce-y-exporta-cada-vez-mas-cafes-especiales>.
 9. Ferreira, C., Batista, L., Magalhaes, L., Souza, E., Freitas, R. (2008). Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. Food Microbiology. 25, 951-957.
 10. Folmer, R. (2014). How can science help to create new value in coffee?. Food research international. 63, 353-358.
 11. Garcia, I., Sanchez, R., Magaña, I. (2017). La agonía del café colombiano.
 12. Gutierrez, N., Barrera, O. (2015). Selección y entrenamiento de un panel de análisis sensorial. Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 32 (2), 77-87 pág.
 13. Huch y Franz (2015). Coffee: Fermentation and Microbiota. Max Rubent Institute. Advances in Fermented Foods and Beverages. 21, 501-513, pág.
 14. Iamanaka, B., Teixeira, A., Teixeira, A. R., Copetti, M., Bragagnolo, N., Taniwak, M. (2014). The microbiota of coffee beans and its influence on the coffee beverage. Food Research International. 62, 353-358 pág.
 15. Lee, L; Cheong, M; Curran, P; Yu, B; Liu, S (2016). Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: II. Effects of different roast levels. Food chemistry. 211, 924-936.
 16. Macías, A., Riaño, C. (2002). Café Orgánico: Caracterización, torrefacción y enfriamiento. 53 (4), 291-292.
 17. Melo, G., Neto, E., Soccol, V., Pedroni, A., Lorenci. Soccol, C. (2015). Conducting starter culture controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet

- processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. *Food Research International*. 75, 348-356 pág.
18. Melo, G., Tomaz, V., Pandey, A., Pedroni, A., Rodrigues, J., Gollo, A., Soccol, C. (2014). Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal of Microbiology*. 188, 60-66.
 19. Melo, P., Carvalho, D., Pedroni, A., Soccol, V., Neto, E., Woiciechowski, A., Soccol, C. (2016). Potencial of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. *International Journal of Food Science and Technology*.
 20. Mouret, J., Camarasa, C., Angenieux, M., Agüera, E., Perez, M., Farines, V., Sablayrolles, J. (2014). Kinetic analysis and gas-liquid balances of the production of fermentative aromas during winemaking fermentations: Effect of assimilable nitrogen and temperatura. *Food Research International*. 62, 1-10.
 21. Nuñez, G. (2015). Pitalito, una tierra con aroma y sabor de café y guayaba. *Diario, la Economía*. Tomado de: <http://diariolaeconomia.com/regiones-y-fronteras/item/957-pitalito-una-tierra-con-aroma-y-sabor-de-cafe-y>
 22. Pantoja, C., Rojas, P., Montaña, L., Tovar, E., Ome, Y., Arcos, C., Ordoñez, C., Vega, G. (2015). Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia. *Revista Agroecología Ciencia y Tecnología*. Vol 3, 1. 22-27 pág.
 23. Peña, N., Barrera, O., Gutierrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café. Universidad Surcolombiana. *Revista Ingeniería y Región*. Volúmen 10, 111-116 pág.
 24. Peñuela, A., Oliveros, C., Sanz, J. (2010). Estudio de la remoción del mucílago de café a través de la fermentación natural. Centro Nacional de Investigaciones del Café. *Cenicafé*. 81 pág.
 25. Puerta, G. (2013). Cinética Química de la Fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. *CENICAFÉ*. 64(1), 42-59 pág.
 26. Puerta, G., Ríos, S. (2011). Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé*. 62(2), 23-40.
 27. Puerta, G. (2012). Factores, procesos y controles de la fermentación del café. *Cenicafé*. *Avances técnicos*. 2-12 pág.
 28. Puerta, G., Echeverry, J. (2015). Fermentación Controlada del Café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances técnicos* 454, *Cenicafé*. 2-12

pág.

29. Puerta, G., Marin, M., Osorio, B. (2012). Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. *Cenicafé*. 63 (29), 57-78.
30. Ribeiro, M., Fonseca, R., De Rezende, S., Furtado, D. (2008). Calidad sensorial del café de Lavras para un sistema de producción orgánico. Universidad de Lavras, *Revista Bragantia*, Vol 67,3.
31. Rosas, J., Escamilla, E., Ruiz, O. (2008). Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales de café orgánico. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Vol 26, 375-384.
32. Suarez, J., Rodriguez, E., Duran, E. (2015). Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo del grano en los atributos sensoriales del café (*Coffee arabica L*) en taza. *Acta Agronómica*, vol 64, 4.
33. Viramontes, R., Pérez, R. (2016). Levaduras vínicas. Universidad Autónoma de Chiguagua. *Revista de Enología Científica y Profesional*.