

RENDIMIENTOS Y CALIDAD DE *Coffea arabica* L., SEGÚN EL DESARROLLO DEL FRUTO Y LA REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO

Gloria Inés Puerta-Quintero*

RESUMEN

PUERTA Q., G.I. Rendimientos y calidad de *Coffea arabica* L., según el desarrollo del fruto y la remoción del mucilago. Cenicafé 61(1): 67-89. 2010

En Colombia el café se beneficia por vía húmeda; primero se separa la pulpa mediante las máquinas despulpadoras, y se desprende el mucilago, sea por fermentación natural o por medio del desmucilagador mecánico. La remoción del mucilago es crítica para la calidad del grano y de la bebida; por esta razón se midieron los rendimientos del café en pergamino y almendra, así como la calidad de la bebida de *Coffea arabica* obtenida de frutos verdes, pintones, maduros y sin seleccionar, los cuales se procesaron por fermentación natural, mediante adición de enzimas, y por desmucilagado mecánico. Para el café maduro sano y fermentación sin agua se obtuvieron rendimientos promedio de 20,40%, 38,85% y 81,08% para pergamino/cereza, pergamino/despulpado y almendra/pergamino, respectivamente. Estos productos enzimáticos no afectaron los rendimientos del café con respecto a los métodos de fermentación natural y desmucilagado mecánico, y el grado de madurez del fruto. Se encontró un mayor rendimiento para el café maduro que para el café sin seleccionar. Mediante la remoción mecánica del mucilago se obtuvo el mayor porcentaje de granos almendra sin cutícula plateada. La calidad de la bebida de café se afectó por el estado de desarrollo del fruto beneficiado así, del café maduro y procesado por la fermentación natural se obtuvo la mayor calificación de aroma y sabor, y las menores calificaciones para la calidad se registraron el café pintón. La disminución de los tiempos en la separación del mucilago mediante enzimas no ofrece ventajas en beneficio del café, si el proceso no se realiza en forma continua, pero en la remoción mecánica las pectinasas podrían usarse para completar la separación del mucilago y evitar su descomposición en la etapa del secado

Palabras clave: Fermentación, beneficio húmedo, madurez, enzimas, pectinasas, desmucilagado mecánico.

ABSTRACT

In Colombia coffee is processed by the wet method; first the pulp is separated through pulping machines, and mucilage is detached either by natural fermentation or by means of a mucilage detachment machine. Mucilage detachment is critical for the quality of the beans and the beverage. Thus, parchment and green coffee beans yields, as well as the quality of the quality of the *Coffea arabica* beverage obtained from unripe, semi-ripe, ripe and unselected grains were assessed. The grains were processed by natural fermentation, by the addition of enzyme and by mechanical detachment. For ripe healthy coffee and fermentation without water average yields of 20%, 40%, 38.85% and 81.08% were obtained for parchment/cherry, parchment/pulped and green beans/parchment respectively. These enzymatic products did not affect coffee yields in relation to natural fermentation and mechanical methods, or to the ripeness state of coffee. A higher yield for mature coffee than for unselected coffee was obtained. Through mechanical mucilage detachment the highest percentage of green coffee beans without silver skin was obtained. The coffee beverage quality was affected by the fruit development process state. Thus, from ripe coffee fruits processed by natural fermentation the best aroma qualification was obtained. Likewise, the least quality scores were obtained for semi-ripe coffee grains. Time decrease in the mucilage detachment by enzymes offers does not offer advantages for coffee if the process is not performed continuously. However, pectinases could be used in mechanical detachments to complete the separation of coffee mucilage and thus avoid its decomposition in the drying stage.

Keywords: fermentation, wet processing, ripeness, enzyme, pectinases, mechanical mucilage detachment.

* Investigador Científico III. Calidad y Manejo Ambiental. Centro Nacional de Investigaciones de café. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En Colombia se encuentran diferentes regiones cafeteras, cuyas épocas de floración y fructificación y maduración dependen de las condiciones climáticas, por lo tanto, en un cafetal se pueden encontrar todos los estados de maduración del fruto al momento de la cosecha. Para lograr la mejor calidad de la bebida se recomienda efectuar cosecha selectiva de los frutos maduros y separar los frutos pintones, verdes y secos antes del beneficio.

En el beneficio de café por la vía húmeda, que se realiza en Colombia, se separan del fruto, primero, la pulpa o exocarpio y parte del mesocarpio, mediante las máquinas despulpadoras, y después se desprende el mucílago o mesocarpio, ya sea por fermentación natural, al dejar los granos en tanques durante una o dos noches, o mecánicamente por medio del desmucilagador. Luego, los granos de café se lavan, secan, empaican, almacenan y trillan, y finalmente, estos granos de café verde o almendra se clasifican y empaican para su exportación.

El contenido del mucílago en el fruto de café varía según la especie, la variedad, el estado de madurez y la humedad del fruto; en promedio, el fruto de café maduro y fresco contiene cerca del 11% en peso de mucílago. El mucílago de *Coffea arabica* L. está compuesto por 85% a 89% de agua, 8% a 10% de carbohidratos, en su mayoría sustancias pécticas y azúcares, 1% de proteínas, 0,1% de lípidos y 0,45% de minerales (19, 30, 32), y también se ha reportado celulosa (5, 6). Además, el mucílago contiene microorganismos como levaduras de los géneros *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida* y *Rhodotorula*, y bacterias como *Lactobacillus* y *Enterobacter* principalmente, cuyo recuento depende de la manipulación de los frutos de café durante la recolección y de las condiciones de los granos en el beneficio del café (29).

En general, se afirma que el mucílago se retira del grano de café para mejorar el color del pergamino y para facilitar el secado. En la literatura se encuentran muchas referencias, de fechas incluso anteriores al siglo XX, sobre los métodos, las prácticas y las condiciones de beneficio que han sido usados para desprender el mucílago del grano de café, en los diferentes países cafeteros de África, Asia y América.

Con el fin de acelerar el proceso de la remoción del mucílago se han adicionado diversas sustancias y medios a los granos o a los frutos de café, como microorganismos, levaduras, bacterias y actinomicetos, enzimas, preparaciones pécticas, sales, ácidos, óxidos, hidróxidos, drenados finales de la misma fermentación y aguas residuales, entre otros (1, 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 24, 33, 34, 35, 36); también se han usado métodos mecánicos como la agitación de la masa de café y máquinas como los desmucilagadores mecánicos (7, 11, 13, 31). En varios de estos estudios se indica que ni los tratamientos químicos, ni enzimáticos alteraron las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del café, pero sí se redujeron las pérdidas de peso.

La etapa de remoción del mucílago del café es crítica para la calidad del grano y de la bebida, ya que cualquier defecto que se ocasione por la falta de control, no se puede modificar en los procesos siguientes del beneficio, ni en la preparación de la bebida (28). Es así como debido a fermentaciones no controladas, al dejar sumergidos los granos de café en los tanques de fermentación en medios ácidos obtenidos de la descomposición del mucílago y también en muchos casos de la misma pulpa de café, se pueden obtener granos con pergamino manchado, decoloración de la almendra y defectos en la bebida, como sabores y aromas agrios, a cebolla, sucios y nauseabundo o *stinker*, (25, 26).

Así mismo, cuando el desmucilaginado es incompleto o si los azúcares del mucílago no alcanzan a fermentarse y los compuestos pécticos no logran desintegrarse, ni se retiran del grano, ocurre una descomposición natural del mucílago remanente en el grano de café, en las etapas siguientes del beneficio como en el secado, y de esta forma también se obtienen sabores nauseabundos y putrefactos en la bebida de café (26).

Algunos autores indican que las fermentaciones no controladas, de más de 24 horas, ocasionan deterioro del aroma, acidez y sabor del café (8, 25, 36). Otros afirman que los sabores vinagres aparecen en la bebida de café sólo después de 44 horas (11, 18) mientras que en otras investigaciones se explica que los riesgos de defectos son debidos a la fermentación bajo agua, en la cual además se requiere de mucho tiempo (12).

Por cualquier retraso en el beneficio, como la demora en el despulpado, la sobrefermentación y el retraso en comenzar el secado, así como, por las mezclas de café despulpado que se realicen en diferentes tiempos, se afectan negativamente los rendimientos y la calidad del grano y de la bebida (25, 28). También se reporta que estas pérdidas ocurren no solo por los retrasos del secado, sino por dejar el café con agua, sin control después de la fermentación (35).

Para las zonas cafeteras de Colombia es suficiente esperar de 12 a 18 horas, para remover el mucílago del grano mediante la etapa de fermentación natural; no obstante, en varias fincas se dejan durante varios días los granos de café despulpos en los tanques de fermentación, debido a diferentes razones, como la falta de capacidad de los secadores o la sobredimensión de los mismos.

Las enzimas son sustancias que elaboran las células de los organismos vivos. Estas sustancias aceleran las reacciones en las células y así aumentan la velocidad o cantidad de producto formado por unidad de tiempo; actúan sobre un sustrato específico, del cual se obtiene uno o varios productos y además, poseen forma y estructura particulares. Dentro de las enzimas están las pectinasas, que comprenden la poligalacturonasa, pectinestearasa, pectinaliasa y pectatoliasa, que catalizan la degradación de las sustancias pécticas en diferentes tipos de enlaces (Becker *et al.*, 1999, citado por Arroyo (3)). Las pectinasas se usan en la industria de vegetales, vinos, frutas, textiles y jugos. Estas enzimas se obtienen de hongos y bacterias mediante fermentaciones de varios sustratos.

El mucílago y la pulpa de café y los frutos de los vegetales contienen diferentes sustancias pécticas y también pectinasas. Las enzimas pectolíticas, celulolíticas y hemicelulolíticas aceleran los procesos de degradación e hidrólisis de los carbohidratos correspondientes y al adicionarlas a los granos de café se facilita el desprendimiento del mucílago.

Con esta investigación se buscó conocer el efecto de tres pectinasas en los rendimientos del grano en el beneficio, en la remoción de la cutícula plateada y en la calidad de la bebida, según el grado de madurez de los frutos procesados. Los resultados obtenidos se compararon con la fermentación natural y con el desmucilaginado mecánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se realizó en los laboratorios de La Granja en Cenicafé, Chinchiná (Caldas), localizados a 5° 00'

latitud Norte, 75° 36' longitud Oeste y 1.310 m de altitud, donde se presentan las siguientes condiciones climáticas: temperatura media 20,7°C, temperatura máxima 27,4°C, temperatura mínima 16,5°C y humedad relativa 78%. Durante los días de ejecución de esta investigación, la temperatura del aire varió en el día de 14,4 a 30,2°C y en la noche de 13,8 a 24°C, según datos climáticos de la estación meteorológica de Cenicafé.

Origen del café. Se procesaron muestras de *Coffea arabica* L. de frutos rojos de la variedad Colombia, de la cosecha principal del año 1993. El café fue cultivado en lotes experimentales de la Estación Central Naranjal en Chinchiná, localizada a 04° 58' latitud Norte, 75° 39' longitud Oeste, 1.381 m de altitud, donde se presentan las siguientes condiciones climáticas: temperatura 21,3°C, humedad relativa 78%, precipitación total anual de 2.634 mm, con 237 días de lluvia y 1.690 horas de brillo solar. El café se recolectó por lotes y semanas según el estado de maduración, el cual fue medido por las semanas transcurridas después de la floración, con el fin de obtener los estados verde, pintón y maduro para la conformación de los tratamientos. Los frutos y granos procesados no presentaron ningún daño por insectos.

Enzimas pectolíticas. Se ensayaron tres productos enzimáticos en estado líquido, suministrados por Coldanzimas (Novo-Nordisk), Tabla 1 (16, 22, 23). Los productos denominados Novoferm11, Novoferm25 y Sp249 se mantuvieron en la nevera a 10°C hasta su uso, según las recomendaciones del fabricante. Se prepararon soluciones de 500 mL a 4 L de cada producto enzimático, en tres concentraciones: 0,025, 0,175 y 0,3 mL/L por dilución en agua corriente de grifo a temperatura ambiente. Las soluciones preparadas se refrigeraron a 10°C, por un tiempo máximo de 24 h, y se dejaron a temperatura ambiente por 4 h, antes de adicionarlas a los granos de café. Cada producto se mezcló manualmente con los granos para lograr impregnación uniforme. Los procesos de remoción del mucílago se efectuaron en canecas plásticas y terminaron cuando los granos lavados quedaban limpios y ásperos al tacto.

Diseño experimental. Se evaluaron 58 tratamientos con 4 repeticiones, en un diseño completamente al azar: 3 preparaciones de enzimas x 3 concentraciones x 5 estados del fruto de café (maduro, pintón, pintón con remojo, verde y sin selección), con 2 testigos de fermentación por cada estado del fruto, y 3 tratamientos de desmucilaginado mecánico

Tabla 1. Especificaciones de las preparaciones enzimáticas usadas en la remoción del mucílago de café.

Producto enzimático	Tipo de enzima	Fuente de la enzima	Estado	Color	pH	Actividad óptima	pH soluciones
Novoferm11	Pectolítica, celulolítica, hemicelulolítica, proteolítica	<i>Aspergillus aculeatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma reesei</i>	Líquido	Marrón	4,35	No especificado	7,12 a 7,29
Novoferm25	Pectolíticas y otros (no especificado)	No especificado	Líquido	Marrón	4,73	No especificado	7,16 a 7,40
Sp249	Pectolítica, celulolítica, hemicelulolítica, proteolítica, sacarolítica	<i>Aspergillus niger</i>	Líquido	Marrón	5,57	pH 3 a 7 y 35 a 45 °C	7,03 a 7,19

para los estados maduro, pintón y sin selección. La unidad experimental estuvo constituida por 5 kg de café despulpado, excepto para el café verde y pintón con remojo que fue de 5 kg de frutos. La descripción de los tratamientos y la dosificación se observan en la Tabla 2.

Estimación de rendimientos. Para cada proceso se estimaron los siguientes rendimientos: pergamino/cereza, como la relación en porcentaje (%) en peso del café pergamino seco obtenido del fruto de café; pergamino/despulpado como la relación en porcentaje (%) en peso entre el café pergamino obtenido de la cantidad procesada en el despulpado; almendra/pergamino como la relación en porcentaje (%) en peso entre el grano de café almendra obtenido a partir del café pergamino.

Calidad física. Se evaluó la apariencia de los granos almendra, el porcentaje de granos almendra sin película plateada y el porcentaje de granos de café almendra que presentaron más del 50% de la película adherida.

Calidad de la bebida. Para todos los tratamientos, excepto aquellos provenientes del fruto verde, se determinaron los aromas del café tostado y de la bebida, la acidez, el amargo, el cuerpo y la impresión global, mediante 12 evaluaciones sensoriales realizadas por un panel de cuatro catadores de café. Se utilizó el método descriptivo y cuantitativo y una escala de 9 puntos para calificar cada característica sensorial. Las calificaciones 9, 8 y 7 son aceptables, así: 9 y 8, muy buena y 7 es buena. Las calificaciones 6, 5 y 4 son desviaciones, donde: 6 es tolerable, 5 califica al aroma y sabor a verde, astringente, insípido, y 4 se usa para calificar aromas y acidez bajos. Por debajo de 3, corresponde a los defectos: 3 cereal, reposo, sabor a

quemado, muy amargo; 2 a fermento, extraño, metálico, a sucio, y 1 fenol, carbonoso, a tierra, picante, *stinker* (27).

Procesamiento de los frutos de café verdes.

Del 6 al 9 de septiembre de 1993, se ejecutaron los tratamientos correspondientes a los frutos de café verdes. Para la repetición 1, se pesaron los frutos, se despulparon sin agua, y luego, se prepararon al azar 11 muestras correspondientes a las tres concentraciones para cada uno de los tres productos enzimáticos, más los dos testigos, uno de fermentación natural sin adición de agua y otro, al que se adicionó agua corriente hasta cubrir los granos, 3 cm por encima de la cantidad de café procesada.

No se logró el despulpado de los frutos verdes de café y, por lo tanto, estos frutos se dejaron en las soluciones enzimáticas durante 17,0 horas adicionales y posteriormente se despulparon, se lavaron y se secaron al sol en bandejas metálicas. Para las otras repeticiones con los frutos verdes, se remojaron los frutos en agua y las soluciones enzimáticas, por diferentes tiempos, así: tres muestras de 5 kg en agua por 16,5, 22,5 y 90,0 horas; luego, se despulparon y se dejaron con las enzimas o en fermentación según el tratamiento, durante 22,0, 16,5 y 7,0 horas y posteriormente se lavaron.

También se estimó el porcentaje en peso de granos completamente despulparados, en submuestras de 200 g de cada tratamiento.

Procesamiento de los frutos de café pintones.

Los tratamientos del café pintón se realizaron durante el 14 al 21 de septiembre. Para cada repetición se pesó el café recibido, se despulpó sin agua y diariamente, al azar, se conformaron 11 unidades experimentales de café despulpado de 5 kg cada una. Después

Tabla 2. Descripción de tratamientos para la evaluación del efecto de enzimas en la remoción del mucilago de café.

Tratamiento	Estado del fruto de café	Tipo de proceso	Sustancia adicionada	Concentración mL enzima/ L solución	Volumen adicionado de la sustancia mL	Concentración mL enzima/ kg café	Dosis mL/kg café
33	Verde*	Fermentación natural sin agua	Ninguna	0,000	0,000	0,0000	0
34	Verde	Fermentación natural con agua	Agua	0,000	4.000	0,0000	800
35	Verde	Con enzimas	Novoferm11	0,025	4.000	0,0200	800
53	Verde	Con enzimas	Novoferm11	0,175	4.000	0,1400	800
36	Verde	Con enzimas	Novoferm11	0,300	4.000	0,2400	800
37	Verde	Con enzimas	Novoferm25	0,025	4.000	0,0200	800
54	Verde	Con enzimas	Novoferm25	0,175	4.000	0,1400	800
38	Verde	Con enzimas	Novoferm25	0,300	4.000	0,2400	800
39	Verde	Con enzimas	Sp249	0,025	4.000	0,0200	800
55	Verde	Con enzimas	Sp249	0,175	4.000	0,1400	800
40	Verde	Con enzimas	Sp249	0,300	4.000	0,2400	800
1	Pintón	Fermentación natural sin agua	Ninguna	0,000	0,000	0,0000	0
2	Pintón	Fermentación natural con agua	Agua	0,000	1.000	0,0000	200
3	Pintón	Con enzimas	Novoferm11	0,025	1.000	0,0050	200

Continúa...

.... continuación

Tratamiento	Estado del fruto de café	Tipo de proceso	Sustancia adicionada	Concentración mL enzima/ L solución	Volumen adicionado de la sustancia mL	Concentración mL enzima/ kg café	Dosis mL/kg café
41	Pintón	Con enzimas	Novoferm11	0,175	1.000	0,0350	200
4	Pintón	Con enzimas	Novoferm11	0,300	1.000	0,0600	200
5	Pintón	Con enzimas	Novoferm25	0,025	1.000	0,0050	200
42	Pintón	Con enzimas	Novoferm25	0,175	1.000	0,0350	200
6	Pintón	Con enzimas	Novoferm25	0,300	1.000	0,0600	200
7	Pintón	Con enzimas	Sp249	0,025	1.000	0,0050	200
43	Pintón	Con enzimas	Sp249	0,175	1.000	0,0350	200
8	Pintón	Con enzimas	Sp249	0,300	1.000	0,0600	200
9	Pintón con remojo	Fermentación natural sin agua	Ninguna	0,000	0.000	0,0000	0
10	Pintón con remojo	Fermentación natural con agua	Agua	0,000	4.500**	0,0000	900
11	Pintón con remojo	Con enzimas	Novoferm11	0,025	4.500	0,0225	900
44	Pintón con remojo	Con enzimas	Novoferm11	0,175	4.500	0,1575	900
12	Pintón con remojo	Con enzimas	Novoferm11	0,300	4.500	0,2700	900
13	Pintón con remojo	Con enzimas	Novoferm25	0,025	4.500	0,0225	900
45	Pintón con remojo	Con enzimas	Novoferm25	0,175	4.500	0,1575	900

Continúa...

.... continuación

Tratamiento	Estado del fruto de café	Tipo de proceso	Sustancia adicionada	Concentración mL enzima/ L solución	Volumen adicionado de la sustancia mL	Concentración mL enzima/ kg café	Dosis mL/kg café
14	Pintón con remejo	Con enzimas	Novoferm25	0,300	4.500	0,2700	900
15	Pintón con remejo	Con enzimas	Sp249	0,025	4.500	0,0225	900
46	Pintón con remejo	Con enzimas	Sp249	0,175	4.500	0,1575	900
16	Pintón con remejo	Con enzimas	Sp249	0,300	4.500	0,2700	900
17	Maduro	Fermentación natural sin agua	Ninguna	0,000	0	0,0000	0
18	Maduro	Fermentación natural con agua	Agua	0,000	500	0,0000	100
19	Maduro	Con enzimas	Novoferm11	0,025	500	0,0025	100
47	Maduro	Con enzimas	Novoferm11	0,175	500	0,0175	100
20	Maduro	Con enzimas	Novoferm11	0,300	500	0,0300	100
21	Maduro	Con enzimas	Novoferm25	0,025	500	0,0025	100
48	Maduro	Con enzimas	Novoferm25	0,175	500	0,0175	100
22	Maduro	Con enzimas	Novoferm25	0,300	500	0,0300	100
23	Maduro	Con enzimas	Sp249	0,025	500	0,0025	100
49	Maduro	Con enzimas	Sp249	0,175	500	0,0175	100
24	Maduro	Con enzimas	Sp249	0,300	500	0,0300	100

Continúa...

.... continuación

Tratamiento	Estado del fruto de café	Tipo de proceso	Sustancia adicionada	Concentración mL enzima/ L solución	Volumen adicionado de la sustancia mL	Concentración mL enzima/ kg café	Dosis mL/kg café
25	Sin seleccionar	Fermentación natural sin agua	Ninguna	0,000	0.000	0,0000	0
26	Sin seleccionar	Fermentación natural con agua	Agua	0,000	1.000	0,0000	200
27	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm11	0,025	1.000	0,0025	200
50	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm11	0,175	1.000	0,0175	200
28	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm11	0,300	1.000	0,0300	200
29	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm25	0,025	1.000	0,0025	200
51	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm25	0,175	1.000	0,0175	200
30	Sin seleccionar	Con enzimas	Novoferm25	0,300	1.000	0,0300	200
31	Sin seleccionar	Con enzimas	Sp249	0,025	1.000	0,0025	200
52	Sin seleccionar	Con enzimas	Sp249	0,175	1.000	0,0175	200
32	Sin seleccionar	Con enzimas	Sp249	0,300	1.000	0,0300	200
56	Maduro	Desmucilaginado mecánico	Ninguna	0,000	0***	0,0000	0
57	Pintón	Desmucilaginado mecánico	Ninguna	0,000	0***	0,0000	0
58	Sin seleccionar	Desmucilaginado mecánico	Ninguna	0,000	0***	0,0000	0

* Unidad experimental: 5 kg de café despulpado, excepto para el café verde y pintón con remojo que fue de 5 kg del fruto;

** 4.000 mL en remojo y 500 mL después de despulpado;

*** 2L/kg de café para el desmucilaginado mecánico

de las remociones y fermentaciones, el café de cada unidad se lavó y secó al sol o en estufa, hasta alcanzar una humedad del 10% al 12%.

Procesamiento de los frutos de café pintones con remojo. Para los tratamientos 9, 10, 11, 44, 12, 13, 45, 14, 15, 46 y 16, a los frutos sin despulpar se adicionaron 4 L de las soluciones de las enzimas y éstos se dejaron en remojo durante 20 h, con el fin de lograr ablandar la pulpa. Posteriormente, el café se despulpó y a los granos se le adicionaron 500 mL de los productos enzimáticos correspondientes a cada tratamiento, y finalmente, el café se lavó y secó hasta una humedad del 10% al 12%. Estos tratamientos se efectuaron del 13 al 25 de septiembre.

Procesamiento de los frutos de café maduros. Entre el 27 de septiembre al 5 de octubre de 1993, se realizaron las cuatro repeticiones de los tratamientos del café maduro. Se adicionaron 500 mL de los productos enzimáticos a los granos despulpados, luego de la remoción del mucílago, los granos se lavaron y secaron.

Procesamiento de los frutos de café sin seleccionar. Entre el 5 y el 12 de octubre de 1993 se procesaron las cuatro repeticiones de los tratamientos 25, 26, 27, 50, 28, 29,

51, 30, 31, 52 y 32, se requirieron 1.000 mL de la solución enzimática para lograr la homogeneización de los granos. El grado de madurez promedio del café usado para estos procesos se presenta en la Tabla 3. Los granos de café se lavaron y secaron de la misma manera que en los tratamientos anteriores.

Desmucilaginado mecánico. Se realizaron los tratamientos 56, 57 y 58 con café maduro, pintón y sin seleccionar, respectivamente. En la Tabla 3 se observa la composición del café sin seleccionar.

Análisis de resultados. Se efectuaron análisis estadísticos descriptivos, varianza y pruebas de comparación de las medias, Tukey al 5%, entre los tratamientos, los tipos y las concentraciones de las preparaciones enzimáticas y el estado de madurez del fruto procesado para las variables aroma del café tostado, aroma de la bebida, acidez, amargo, cuerpo, impresión global, y los rendimientos del café pergamino/despulpado, pergamino/cereza y almendra/pergamino. También se efectuaron análisis de componentes principales para las variables de calidad según la madurez del fruto, el tipo de remoción y la concentración de la solución de enzimas.

Tabla 3. Grado de madurez del café sin seleccionar, procesado en las evaluaciones de de café, 1993.

Grado de madurez	Café sin seleccionar				Desmucilaginado mecánico			
	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.
	%				%			
Verde	3,0	1,4	5,2	46,5	5,1	4,6	5,6	8,8
Pintón	22,1	10,7	33,3	31,1	35,1	32,4	37,5	6,0
Maduro	41,3	19,0	56,7	27,6	44,2	41,5	47,9	6,3
Sobremaduro	21,1	8,1	31,6	31,5	11,8	10,8	12,8	6,9
Secos	12,6	6,0	18,6	37,6	3,9	2,7	4,9	23,4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las enzimas en los rendimientos del proceso del café

Café verde. Este café fue rechazado y clasificado como pasilla, debido a que el 85% en peso de las muestras presentaron la pulpa adherida al grano. Por lo tanto, no se le midieron rendimientos, ni fue apto para las pruebas de catación.

Café pintón. No hubo diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos y los tipos de remoción del mucílago para el café pintón (Tabla 4). Al comparar los procesos de fermentación natural y con enzimas, el rendimiento café pergamino/cereza varió entre 17,40% y 21,79%. El rendimiento café pergamino/despulpado varió entre 33,40% para la enzima Sp249 y 40,07% para el desmucilaginado mecánico, y los rendimientos almendra/pergamino estuvieron alrededor de 79,50% para los procesos de fermentación natural y con adición de enzimas.

Café pintón con remojo. Para los frutos pintones con remojo, el rendimiento pergamino/cereza fue en promedio del 19,49% y de acuerdo con los procesos varió entre el 8,50% y el 23,00%. Cabe anotar que no hubo diferencias significativas para esta variable entre los procesos, productos o concentraciones (Tabla 5).

El café procesado por fermentación natural con agua presentó los valores mínimo y promedio más bajos para el rendimiento pergamino/cereza. En tanto que el rendimiento pergamino/despulpado varió entre 10,12% y 37,80% y fue diferente estadísticamente en la fermentación sin agua. Por su parte, el rendimiento almendra/pergamino varió entre 77,40% y 81,80%.

Café sin seleccionar. No se presentaron diferencias significativas en los rendimientos en peso del café pergamino y almendra obtenidos de los frutos sin seleccionar, procesados según los diferentes métodos de remoción del mucílago del café (Tabla 6).

El rendimiento pergamino/cereza varió entre 13,68% y 20,76%, según el proceso de remoción del mucílago, con el mayor valor promedio de 20,45% para el desmucilaginado mecánico y el menor valor promedio de 16,20%, con el proceso de remoción con Novoferm11. Para el café sin seleccionar se obtuvieron valores mínimos y máximos del rendimiento pergamino/despulpado de 34,20% y 40,00%, respectivamente.

En el proceso de fermentación sin agua del café sin seleccionar, se obtuvo el mayor promedio de rendimiento almendra/pergamino. Los rendimientos para el pergamino, del café sin seleccionar procesados por la fermentación y con las enzimas, fueron menores que 20,44%, valor reportado por Montilla *et al.* (20), en tanto que el rendimiento con respecto al café despulpado resultó mayor y el rendimiento de la almendra similar, en relación con los datos del 2006 y de 1977 reportados por estos mismos autores.

Café maduro. No se presentaron diferencias significativas para los rendimientos del pergamino y almendra del café maduro, para ninguno de los métodos de remoción del mucílago (Tabla 7). El mayor rendimiento pergamino/cereza se registró para el desmucilaginado mecánico seguido de los procesos de fermentación natural. Los rendimientos pergamino/despulpado del café maduro variaron entre 33,60% para Novomerf11 y 42,40% para la fermentación sin agua, mientras que los rendimientos almendra/pergamino del café maduro variaron entre 74,10% para Sp249 y 82,70% para la fermentación sin agua.

Tabla 4. Rendimientos del café pintón, según el método de remoción del mucilago.

Proceso del café pintón	Pergamino/Cereza			Pergamino/Café despulpado			Almendra/Pergamino					
	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.
	%											
Fermentación con agua	18,97 a	18,00	20,57	5,9	36,64 a	34,20	38,75	5,3	79,20 a	78,80	80,00	0,6
Fermentación sin agua	20,22 a	17,40	21,79	9,1	37,09 a	34,80	38,17	3,7	79,75 a	78,40	80,30	0,9
Desmucilaginado mecánico	21,85 a	21,00	22,88	3,8	38,31 a	37,02	40,07	3,9	81,38 a	81,20	81,50	0,2
Novoferm11	18,63 a	17,50	20,45	4,5	35,97 a	34,00	38,20	3,5	79,33 a	78,50	80,40	0,7
Novoferm25	18,85 a	17,98	21,25	5,2	36,38 a	34,00	38,00	3,5	79,56 a	78,60	80,00	0,6
Sp249	18,44 a	17,50	20,45	5,5	35,58 a	33,40	36,60	3,1	79,24 a	77,80	80,50	1,0

Promedios de respectivos rendimientos con letras distintas indican diferencias estadísticas de acuerdo con la Prueba Tukey al 5%.

Tabla 5. Rendimientos del café pintón con remojo, según el método de remoción del mucilago.

Proceso del café pintón con remojo	Pergamino/Cereza			Pergamino/Café despulpado			Almendra/Pergamino					
	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V.
	%											
Fermentación con agua	17,88 a	8,50	22,40	35,4	23,07 a	10,12	29,40	38,8	79,70 a	77,40	81,00	1,7
Fermentación sin agua	19,66 a	15,96	22,00	13,6	33,86 b	26,78	37,80	14,3	80,50 a	78,30	81,60	1,9
Novoferm11	19,50 a	13,94	23,00	16,4	25,44 a	16,60	30,31	19,9	79,48 a	77,40	80,90	1,5
Novoferm25	19,63 a	14,50	22,80	14,4	25,64 a	17,26	30,98	18,6	79,59 a	77,50	81,40	1,4
Sp249	19,82 a	15,00	22,60	12,0	25,49 a	18,75	29,97	15,3	80,00 a	77,90	81,80	1,3

Promedios de respectivos rendimientos con letras distintas indican diferencias estadísticas de acuerdo con la Prueba Tukey al 5%.

Tabla 6. Rendimientos del café sin seleccionar, según el método de remoción del mucílago.

Proceso del café sin seleccionar	Pergamino/Cereza			Pergamino/Café despulpado			Almendra/Pergamino					
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo			
	%			%			%					
Fermentación con agua	16,70 a	15,19	17,34	6,1	38,06 a	36,43	39,40	3,5	80,63 a	79,80	81,20	0,7
Fermentación sin agua	18,67 a	14,42	20,76	13,0	37,55 a	35,71	38,81	2,6	81,40 a	79,80	85,50	2,0
Desmucilaginado mecánico	20,45 a	20,28	20,67	0,9	36,96 a	36,40	37,36	1,1	80,93 a	80,00	81,50	0,7
Novoferm11	16,44 a	13,68	17,50	8,1	37,58 a	34,20	39,20	4,0	80,83 a	80,20	81,50	0,5
Novoferm25	16,56 a	14,00	17,59	8,0	37,85 a	35,00	39,20	3,9	80,78 a	79,70	81,80	0,7
Sp249	16,69 a	14,64	17,59	6,8	38,18 a	36,60	40,00	2,9	80,86 a	80,30	81,60	0,6

Promedios de respectivos rendimientos con letras distintas indican diferencias estadísticas de acuerdo con la Prueba Tukey al 5%.

Tabla 7. Rendimientos del café maduro, según el método de remoción del mucílago.

Proceso del café maduro	Pergamino/Cereza			Pergamino/Café despulpado			Almendra/Pergamino					
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo			
	%			%			%					
Fermentación con agua	20,54 a	18,94	22,08	6,7	38,85 a	35,60	42,40	7,8	81,08 a	80,50	81,50	0,5
Fermentación sin agua	20,40 a	19,26	21,25	3,2	38,01 a	36,20	40,80	4,1	81,86 a	80,30	82,70	1,1
Desmucilaginado mecánico	20,80 a	20,54	21,19	1,4	37,83 a	37,26	38,86	2,0	79,00 a	77,00	80,10	1,5
Novoferm11	19,97 a	17,87	21,67	6,4	37,77 a	33,60	41,60	7,4	80,90 a	79,70	81,70	0,7
Novoferm25	20,13 a	18,62	22,11	5,6	38,07 a	35,00	42,00	6,6	81,03 a	80,00	82,30	0,8
Sp249	20,14 a	18,72	21,88	5,4	38,08 a	35,20	42,00	6,4	80,45 a	74,10	81,50	2,5

Promedios de respectivos rendimientos con letras distintas indican diferencias estadísticas de acuerdo con la Prueba Tukey al 5%.

Los rendimientos del café pergamino respecto al fruto maduro obtenidos por la fermentación, están en el rango del 20,24% reportado por Montilla *et al.* (20), pero con relación al café despulpado y de la almendra los rendimientos fueron mayores que los indicados por estos autores; esta diferencia se debe posiblemente a la sanidad de los granos, sin daños por la broca, que se procesaron en el estudio.

En resumen, la remoción del mucílago con los productos enzimáticos Novoferm11, Novoferm25 y Sp249 no mostró efecto significativo en el incremento de los rendimientos del café pergamino con respecto a los métodos de fermentación natural y desmucilaginado mecánico, para ningún estado de madurez del fruto procesado. Aunque se observó un mayor rendimiento para el café maduro que para el café no seleccionado.

Para los frutos de café pintones se registró un rendimiento relativamente alto, debido al peso del grano con pulpa adherida, que contribuyó a los defectos encontrados en la bebida. También se obtuvo un mayor rendimiento del pergamino obtenido por desmucilaginado mecánico, aunque estos valores no fueron significativamente diferentes con respecto a los procesos de fermentación natural y los enzimáticos, en los mismos estados de desarrollo del fruto.

Efecto de las enzimas en la remoción de la película plateada

Café pintón. Al 4,5% de los granos pintones procesados por la fermentación natural sin agua y al 46,0% de los granos desmucilaginosos mecánicamente se les removió completamente la película plateada. Para el tratamiento con fermentación natural con agua, la película plateada se removió completamente en el 10,3% de las almendras, y para el 11,0% de los granos procesados con el producto

Novoferm11 en la concentración de 0,175; con los otros productos sólo se obtuvo del 5,3% al 8,0% de almendras sin película.

Para esta variable no se observaron diferencias entre los procesos de fermentación natural, ni entre los procesos enzimáticos, ni entre ambos, pero sí entre los procesos naturales y enzimáticos con el desmucilaginado mecánico. Los frutos pintones desmucilaginosos mecánicamente presentaron 21,3% de almendras con más del 50,0% de la película plateada, valor estadísticamente diferente a los determinados para los procesos de fermentación natural y mediante enzimas. Entre estos últimos no hubo diferencias significativas, además se registró que del 72,5% al 80,5% de las almendras presentaron más de la mitad de la película adherida.

Café pintón con remojo. Para los frutos pintones que se dejaron en remojo con agua se removió totalmente la película plateada al 6,5% de los granos procesados por la fermentación natural sin agua y el mayor valor, 26,8% fue para el café procesado con la enzima Sp249 en la concentración más baja. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos del café pintón con remojo. Con respecto al porcentaje de almendras con más de la mitad de la película adherida, el menor valor se encontró en el café tratado con Sp249 en la concentración 0,025 que fue de 52,3%, y el mayor valor fue 72,0% para el café de fermentación natural sin agua. No hubo diferencias significativas al 5% entre los procesos para este tipo de café.

Café sin seleccionar. Para el café no seleccionado se removió la película plateada al 11,0% de los granos procesados por la fermentación natural con agua y al 31,3% para el café desmucilaginado mecánicamente, valor que fue diferente estadísticamente con respecto a los otros procesos. Por otra parte,

el porcentaje de almendras con más de la mitad de la película adherida varió de 40,0% a 59,0%. Se observó que para los procesos enzimáticos la cantidad de café almendra con más de la mitad de la película se incrementó al aumentar la concentración de enzimas utilizada. Con el desmucilaginado mecánico se removió más de la mitad de la película al 41,0% de los granos.

Café maduro. Se removió completamente la película plateada al 21,0% de los granos maduros procesados con Sp249 en la mayor concentración, y al 11,2% de los granos tratados con Novoferm11 0,025. No hubo diferencias entre estos tratamientos, incluyendo el desmucilaginado. Entre el 50,3% y 63,8% de las almendras de todos los tratamientos del café maduro, presentaron menos de la mitad de la película plateada adherida.

En conclusión, no se observó efecto significativo de los productos enzimáticos utilizados sobre la remoción de la película plateada, ni en la mejora de la apariencia de la almendra, con respecto a los procesos de fermentación natural. Para el café maduro se

obtuvo una mayor remoción de la película a las concentraciones más altas de los productos en su orden Sp249, Novoferm11, Novoferm25. Para el café no seleccionado, la mayor remoción de la cutícula se obtuvo para las menores concentraciones de los productos en su orden Novoferm25, Novoferm11 y Sp249.

Con el desmucilaginado mecánico se removió la película plateada a cerca de la mitad de las almendras del café pintón y del café sin seleccionar. En los procesos de fermentación natural, más del 85,0% de las almendras presentaron más de la mitad de la película adherida y más del 90,0% de las almendras obtenidas de frutos pintones quedaron con la película plateada adherida.

Efecto de las enzimas en la calidad de la bebida de café

En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se observan los resultados de la calidad de las características organolépticas de la bebida del café, según los procesos de remoción del mucílago de los granos de café y los grados de madurez.

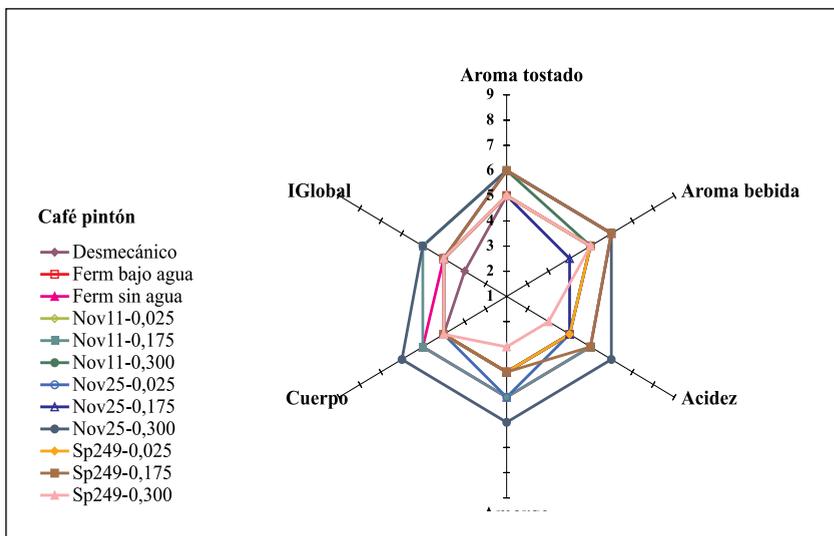


Figura 1. Calidad de la bebida del café pintón, según los procesos de remoción del mucílago del grano de café.

Figura 2.
Calidad de la bebida del café pintón con remojo, según los procesos de remoción del mucilago del grano de café.

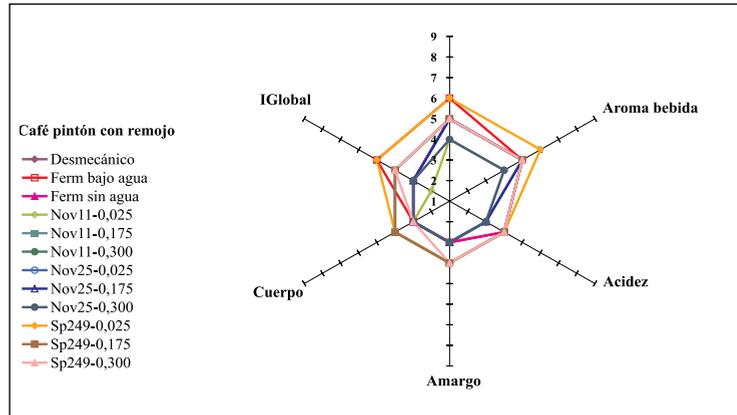


Figura 3.
Calidad de la bebida del café sin seleccionar, según los procesos de remoción del mucilago del grano de café.

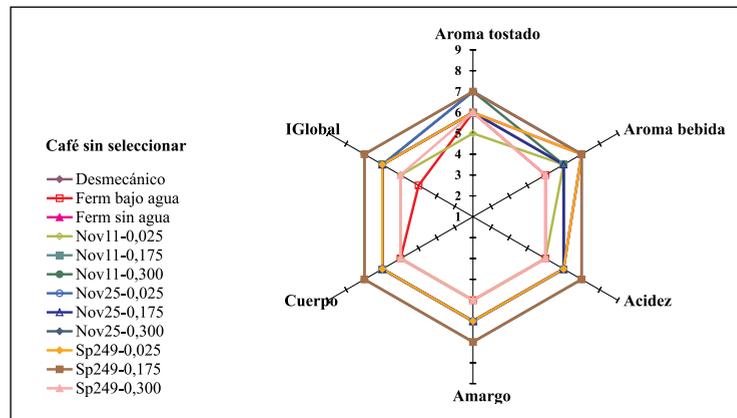
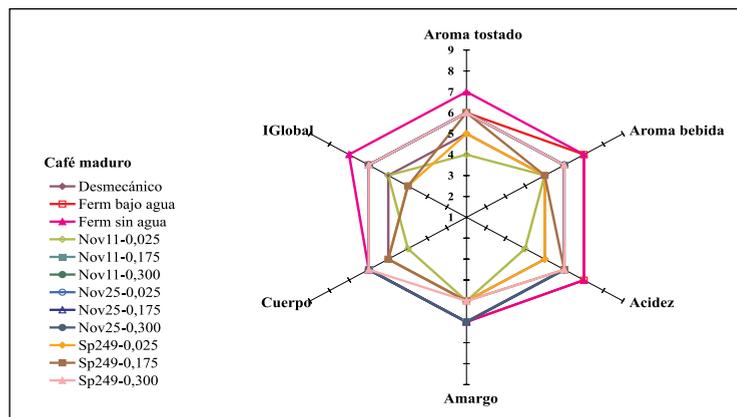


Figura 4.
Calidad de la bebida del café maduro, según los procesos de remoción del mucilago del grano de café.



Café pintón. Para el café pintón no se observaron diferencias significativas al 5% para ninguna de las cualidades sensoriales del café entre los tres tipos de remoción del mucílago, ni entre las concentraciones. La acidez del café pintón obtuvo calificaciones medias. La calificación de acidez mayor se obtuvo para el proceso enzimático Novoferm25 y la menor para Sp249, ambos en las concentraciones más altas. El mejor amargo con calificación de 6 se obtuvo en el proceso Novoferm25 en la concentración más alta, seguida de la fermentación sin agua y de los otros productos enzimáticos en la concentración intermedia, y el menor valor se encontró para el proceso Sp249 en la mayor concentración. Por otro lado, las calificaciones del cuerpo obtuvieron el rango medio. La impresión global de la calidad del café pintón varió de media, calificaciones de 5 y de menos de 3 o rechazo, las mayores calificaciones para la impresión global se obtuvieron con Novoferm25 en la concentración más alta y Novoferm11 en la concentración media, y la menor calificación de impresión global se registró para el café pintón procesado por el desmucilaginado mecánico.

Café pintón con remojo. No se presentaron diferencias significativas en las variables aroma, acidez, amargo, cuerpo o impresión global del café entre estos tratamientos. Las mayores calificaciones de calidad para el café pintón con remojo se obtuvieron para el café tratado con Sp249 en la concentración más baja y para el café fermentado sin agua; para este último, la acidez se calificó de tolerable a rechazo, las menores notas se obtuvieron en los tratamientos con Novoferm25 y con Novoferm11 en la concentración más baja. El amargo de este café pintón se rechazó por su intensidad pronunciada y desagradable y las menores calificaciones se registraron en los tratamientos Novoferm25 y Novoferm11 en la menor concentración; la menor calificación

de la impresión global se encontró en el tratamiento Novoferm11, 0,025, con una calificación de 2.

Café sin seleccionar. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para este tipo de café, en las características de la calidad de la bebida. Los aromas del café sin seleccionar alcanzaron mayores calificaciones con respecto a los cafés de los otros grados de madurez y la acidez fue calificada con valores de 6 y 7. Las mayores calificaciones del amargo del café sin seleccionar fueron para el café tratado con Sp249 en la concentración intermedia y el café tratado con Novoferm25 en la mayor concentración. El cuerpo del café sin seleccionar fue aceptable y la impresión global también se calificó como aceptable. Las mayores calificaciones de la calidad del café no seleccionado se obtuvieron con el tratamiento Novoferm25 a una concentración de 0,300 y Sp249 a una concentración de 0,175.

Café maduro. Para el café maduro no hubo diferencias significativas entre el aroma, la acidez, el amargo, el cuerpo y la impresión global, según los procesos de remoción del mucílago. Las mayores calificaciones en el aroma se obtuvieron para las fermentaciones naturales con y sin agua, y las menores calificaciones se registraron en los procesos con Novoferm11 en concentración 0,025, y para el desmucilaginado mecánico. La acidez del café maduro estuvo dentro de los rangos tolerable y aceptable, y la mejor acidez, con calificación de 7, la presentaron las bebidas de los procesos de fermentación sin y con agua, y las menores calificaciones de acidez se obtuvieron para los tratamientos Novoferm11 y Sp249 con 0,0225 mL de enzima/kg café y para el desmucilaginado mecánico. La mejor y mayor calificación de la impresión global del café maduro se obtuvo para el café procesado por fermentación natural sin agua,

que alcanzó 7, y las menores calificaciones, con un valor de 4 se registraron en los tratamientos con Sp249.

En las Figuras 5 y 6 se representan los dos primeros factores del análisis de componentes principales para las variables de calidad del café como son aroma del café tostado y de la bebida, acidez, amargo y cuerpo, según el estado de desarrollo del fruto de café procesado y el tipo de remoción y concentración de la enzima. En el análisis de componentes principales la acidez, el amargo y el cuerpo conformaron el primer componente (94,99%) y ambos aromas, del café molido y de la bebida conformaron el segundo componente (3,13%), de esta manera, integran el 98,12% de la varianza estandarizada. Los números corresponden a los tratamientos, así, los de mejor calidad se observan en el cuadrante derecho y superior y los de menores calificaciones, según la escala de calidad, en los cuadrantes inferior e izquierdo.

En este análisis se destaca la agrupación de tratamientos por grado de madurez, donde las calidades más balanceadas se encontraron en los cafés sanos maduros y sin selección de madurez, en particular, se destacaron los tratamientos 30, 52, 17, 18, 29, 22, 20 y 28. Las características de calidad con las menores calificaciones se registraron en los siguientes tratamientos de café pintón y pintón con remojo 57, 11, 14, 45, 9, 13, 44 y 8.

Los cafés de los tratamientos 17 y 18, de las fermentaciones del café maduro, y los tratamientos 30, 52, 29, 28, 25 y 22 de café no seleccionado, se destacaron por sus mayores calificaciones en aroma, acidez, cuerpo y amargo. Los tratamientos de café pintón se ubicaron en los cuadrantes inferiores, donde se representa el café con calidad rechazada, debido a que se encontraron sabores a sucio, cuerpo pesado, baja acidez y amargo y aroma desagradables. Los tratamientos 11, 14, 45, 13 y 10, correspondientes al café pintón con remojo, también se encontraron en los cuadrantes izquierdo e inferior de

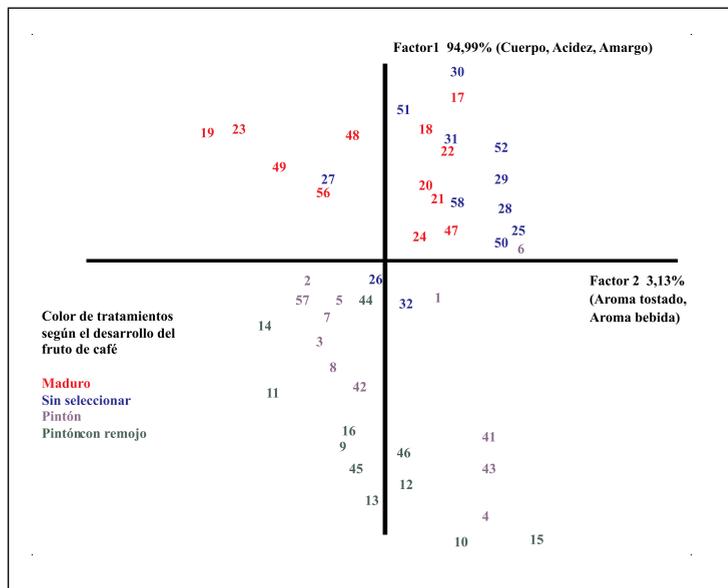


Figura 5.

Análisis de componentes principales de las variables de calidad de la bebida de café, para los tratamientos de remoción del mucílago del grano, según el estado de desarrollo del fruto de café.

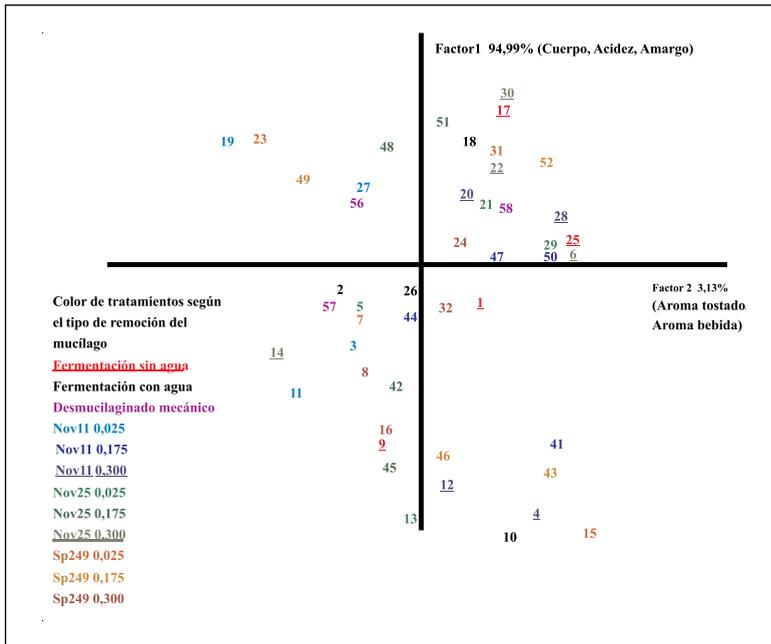


Figura 6. Análisis de componentes principales de las variables de calidad de la bebida de café, para los tratamientos de remoción del mucílago del grano, según el tipo de remoción y la concentración de la enzima.

la calidad rechazada. No se observó una agrupación definida de los tratamientos según la enzima aplicada.

En general, entre los cafés no seleccionados se destacan el tratamiento 30 de la concentración 0,025 mL de Novoferm25 por L de solución que requirió 3,9 horas para la remoción del mucílago y obtuvo una valoración en la calidad de 7; y el tratamiento 58 desmucilaginado mecánicamente en 4 min., que presentó un valor de calidad en taza de 6, un rendimiento pergamino/cereza de 20,50%, un porcentaje de almendra sin película de 31,3%, y 41,0% de almendras con más de la mitad de la película adherida.

El café maduro presentó buena calidad, el mejor fue el tratamiento 17, de fermentación natural sin agua, seguido del tratamiento 18 de fermentación natural con agua, los cuales requirieron de 18,9 h para la remoción del

mucílago, y los rendimientos pergamino/cereza fueron relativamente altos 20,40% y 20,54%, respectivamente; la mitad de las muestras presentaron película plateada en más del 50,0% de las almendras y sólo el 17,0% para la fermentación sin agua y 14,3% para la fermentación con agua no presentaron película plateada en el grano almendra.

En tanto que los tratamientos 47, 20, 22, 24 (Novoferm11 0,175 y 0,300, Novoferm25 y Sp249 0,300) de café maduro requirieron cerca de 7 h para la remoción del mucílago. El rendimiento pergamino/cereza fue del orden de 20,00% y más del 50,0% de las almendras de cada tratamiento presentaron película adherida en más de la mitad de la almendra; mientras que el café maduro desmucilaginado mecánicamente presentó un alto rendimiento 20,80%, calificación de calidad de 4 en la bebida, sólo 15,0% de las almendras sin película y el 62,0% de éstas sin más del 50,0% de película.

Los tratamientos de café pintón con remojo presentaron altos rendimientos y requirieron de 22,0 a 42,5 h para la remoción del mucílago, la película se quedó totalmente adherida a la almendra y la calidad fue rechazada. Las menores calificaciones de la calidad se obtuvieron para el tratamiento Novoferm11 con 0,0225 mL de enzima por kilogramo de café. En contraste, los tratamientos de café pintón con fermentación requirieron 18 h, el rendimiento pergamino/cereza fue del orden de 19,60%, la película quedó adherida a la almendra y la calidad fue rechazada. De estos últimos sobresale el tratamiento 57 con desmucilaginado mecánico, con un rendimiento de 21,85% del pergamino obtenido, 46,0% de almendras sin película, pero con calificaciones de rechazo en la calidad de la bebida.

Los mejores aromas se registraron para los cafés maduros y no seleccionados. El café obtenido del proceso de fermentación natural sin agua presentó las mayores calificaciones para los aromas del café maduro y sin seleccionar e incluso para el pintón. El aroma del café desmucilaginado mecánicamente fue calificado como mediano. Los productos enzimáticos no parecen tener un efecto sobre el desarrollo del aroma del café, los cafés no seleccionados y procesados con Novoferm25 en una concentración de 0,300 mL de enzima/L solución y Sp249 en una concentración de 0,175 obtuvieron calificaciones aceptables.

Las mayores calificaciones de la acidez en la bebida se obtuvieron con los cafés maduros y no seleccionados. Los procesos de fermentación natural sin y con agua favorecen el desarrollo de una acidez característica, equilibrada y estimada de la bebida. La acidez del café maduro proveniente del desmucilaginado mecánico se calificó como media. El café sin seleccionar procesado con enzimas Sp249

(0,175) y Novoferm25 (0,300) presentaron buena acidez, con calificaciones de 6 a 7, sin embargo, los productos enzimáticos no parecen tener un efecto sobre el desarrollo de la acidez de la bebida.

En el café maduro y café sin seleccionar se encontró amargo característico y equilibrado, mientras que el café pintón presentó un amargo pronunciado, desagradable y no aceptable. Los procesos de fermentación natural sin agua obtuvieron las mayores calificaciones para el amargo. Los procesos enzimáticos no parecen tener un efecto sobre el desarrollo del amargo; es así como los tratamientos con los productos Novoferm25 (0,300) y Sp249 (0,175) del café no seleccionado obtuvieron las mayores calificaciones para el amargo. La reducción del tiempo de remoción del mucílago en el desmucilaginado mecánico no afectó el amargo de la bebida.

El café maduro y el café sin seleccionar produjeron una bebida con un cuerpo parejo y equilibrado. Por el contrario, del café pintón se obtuvieron bebidas con cuerpos llenos, pesados y no aceptables. En los procesos de fermentación natural se generaron bebidas con buen cuerpo. De nuevo, de los tratamientos enzimáticos Sp249 (0,175) y Novoferm25 (0,300) se obtuvieron bebidas con buen cuerpo. El cuerpo de la bebida de café pintón desmucilaginado mecánicamente se calificó de bajo.

De acuerdo con la impresión global, la mejor calidad se registró con el café maduro y el café sin seleccionar. La impresión global de la calidad del café pintón fue rechazada. Los procesos de fermentación sin agua producen una bebida de calidades equilibradas y buenas, seguidos de la fermentación con agua. Los productos enzimáticos en las concentraciones evaluadas no afectaron la calidad de la bebida; los tratamientos con Sp249 (0,175) y Novoferm25 (0,300) de café sin seleccionar se destacaron en sus

calificaciones de la calidad global. Para el desmucilaginado mecánico se obtuvo la mayor calidad para el café sin seleccionar, seguida del maduro con calificaciones tolerables, pero el pintón de esta remoción alcanzó calificaciones de rechazo.

En comparación, en ensayos de Gallego y Salazar (15) se reportó mejor acidez, cuerpo y aroma en el café de fermentación natural que en las remociones con enzimas. En tanto que en ensayos con soluciones de enzimas del 2 al 2,5 (p/v) a 25 a 30°C se encontró una calidad organoléptica similar a la obtenida por el método tradicional (17, 34) y de otra parte, en Kenia se indicó que los granos verdes y tostados presentaron mejor apariencia y que la calidad de la bebida no se alteró cuando se adicionaron formulaciones en polvo de enzimas en proporciones de 0,06 a 0,5% por peso de café despulpado (36).

En conclusión la enzima Novoferm11 seguida de la Novoferm25 y Sp249, para concentraciones superiores a 0,175 ml enzima/L solución, disminuyen el tiempo requerido para la remoción del mucílago de café. Los productos enzimáticos utilizados no tienen efecto significativo en el aumento de los rendimientos del café pergamino y almendra, ni en la remoción de la película plateada de la almendra, ni en la calidad de la bebida de café, para un mismo grado de madurez. Se comprobó que la calidad de la bebida del café Arábica está influenciada significativamente por el estado de desarrollo del fruto de café beneficiado.

La disminución de los tiempos en la separación del mucílago no ofrece ventajas en el proceso del beneficio del café, si éste no es continuo y el secado no se realiza inmediatamente después del lavado del grano de café. Otra desventaja del uso de las enzimas son los costos adicionales

en el beneficio del café; sin embargo, las enzimas pectinolíticas podrían usarse para completar la separación del mucílago en la operación del desmucilaginado mecánico, con el fin de controlar la descomposición de este mucílago en la etapa del secado, cuyos residuos deterioran la calidad de la bebida del café.

AGRADECIMIENTOS

A la Estación Naranjal, al personal de Experimentación, a los catadores Juan Diego Isaza H., María Teresa Dávila A., Manuel Londoño M., Hernando García O.; al Dr. Bernardo Cháves C. por su asesoría estadística, al Dr. Gerardo Chamorro T. por la evaluación económica, a la empresa Coldanzimas por el suministro de las enzimas.

LITERATURA CITADA

1. AGATE, A.D.; BHAT, J.V. Role of pectinolytic yeasts in the degradation of mucilage layer of coffee Robusta cherries. *Applied Microbiology* 14 (2): 256-260. 1966.
2. AMORIM, H.V. DE; AMORIM, V.L. Coffee enzymes and coffee quality. p. 27-56. En: *ENZYME in food and beverage processing*. Washington, American Chemical Society, 1977. 325p.
3. ARROYO O., A. G. Producción de enzimas pectinasas por actinomicetos en cultivo sumergido utilizando pectina y cáscara de naranja. [En línea]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica, 2002, 58p. Tesis: Título obtenido. Disponible en Internet http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/Salud/Arroyo_O_A/T_completo.pdf (Consultado en enero 2010).
4. ARUNGA, R.O. Enzymatic fermentation of coffee. *Kenya Coffee* 38 (453): 354-357. 1973.
5. AVALLONE, S.; GUIRAUD, J.P.; GUYOT, B.; OLGUIN P., E.; BRILLOUET, J.M. Polysaccharide constituents of coffee-bean mucilage. *Journal of Food Science* 65(8): 1308-1311. 2000.

6. AVALONE, S.; GUYOT, B.; MICHAUX F., N.; GUIRAUD, J.P.; OLGUIN, E.; BRILLOUET, J.M. Cell wall polysaccharides of coffee bean mucilage. Histological characterization during fermentation. p. 463-470. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café (18: Agosto 2-6: 1999: Helsinki). París: ASIC, 2000. 558p.
7. BARBOSA, L.F.; PARREIRA, P.; ICUNO, H.; LOURENCO, S.; GOMES, F.P.; CAMPOS, H. DE. Influencia do tempo de degomagem sobre o rendimento do café despulpado. Sao Paulo: Secretaria de Agricultura, 1963. 27 p.
8. BARBOZA H., C.A.; AMAYA L., F.L. Análisis de la calidad del grano y de la bebida del café var. Caturra en función de la maduración y tiempo de fermentación. *Agronomía Tropical* 46(3):289-311. 1996.
9. BROWNBRIDGE, J.M.; SIUM, M. Coffee processing research in Ethiopia; fermentation and its effect on liquor quality. *Kenya Coffee* 36 (426): 207-214. 1971.
10. BUTTY, M. Rapid fermentation of coffee. *Kenya Coffee* 38 (448): 214-224. 1973.
11. CALLE V., H. Algunos métodos de desmucilaginado y sus efectos sobre el café pergamino. *Cenicafé* 16:3-11. 1965.
12. COFFEE RESEARCH FOUNDATION - CRF. RUIRU. KENYA. Fermentation, final washing and final grading. *Kenya Coffee* 40(473-474):243-246. 1975.
13. DAVIES, E. DEL.; JONES, M.A. Cafepro: máquina para remover químicamente el mucilago del café recién despulpado. *Turrialba* 3(4):151-155. 1953.
14. EHLERS, G.M. Possible applications of enzymes in coffee processing. p. 267-271. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café (9: Junio 16-20 1980: Londres). París: ASIC, 1980. 403p.
15. GALLEGOP., M.; SALAZAR S., S. Efecto de la adición de enzimas pectolíticas sobre la fermentación natural del café y comparación con algunos acelerantes de la remoción del mucilago. *Manizales: Universidad de Caldas, 1977. 118 p.*
16. HERNÁNDEZ M., R.; the Woodlands; FRIEND, P.L.; Conroe. Enzyme treatment for industrial slime control. [En línea]. Estados Unidos Betz Laboratories, 1993. Disponible en Internet: <http://www.freepatentsonline.com/5238572.html> . Consultado en enero 2010.
17. JALEEL, S.A.; SREEKANTIAH, K.R. Application of fungal pectic enzymes in coffee curing. *Journal of Food Science and Technology* 21(1): 5-8. 1984.
18. LÓPEZ G., C.I.; BAUTISTA R., E.; MORENO G., E.; DENTAN, E. Factors related to the formation of "overfermented coffee beans" during the wet processing method and storage of coffee. p. 373-384. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café (13: Agosto 21-25 1989: Paipa). París: ASIC, 1989. 783p.
19. MENCHU E., J.F.; ROLZ, C. Coffee fermentation technology. *Café Cacao* The 17(1):53-61. 1973.
20. MONTILLAP., J.; ARCILAP., J.; ARISTIZÁBALL., M.; MONTOYAR., E.C.; PUERTA Q., G.I.; OLIVEROS T., C.E.; CADENAG., G. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé* 59(2): 120-142 2008.
21. NORTHMORE, J.M. Sodium Bisulphite in coffee fermentation - II. *Kenya Coffee* 31 (365): 217, 219-221. 1966.
22. NOVO NORDISK. Bioindustrial Group. Dinamarca: Novo Nordisk, 1991. 12p.
23. NOVO NORDISK. Enzimas Campos de aplicación. Dinamarca: Novo Nordisk, 1992. 49p.
24. PEREIRA JR., J. Método rápido da liberacao da mucilagem do café despulpado pela ativacao de suas proprias enzimas: Degomagem rápida do café despulpado em contraste com a fermentacao prolongada: mucilagem bruta liberada. *Arquivos do Instituto Biológico* 24:93-103. 1957.
25. PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná: Cenicafé, 2006, 12p. (Avances Técnicos No. 349).

26. PUERTA Q., G.I. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Chinchiná: Cenicafé, 2001, 8p. (Avances Técnicos No. 284).
27. PUERTA Q., G.I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde/*Coffea arabica*/. procesado por vía húmeda. *Cenicafé* 47(4):231-234. 1996.
28. PUERTA Q., G.I. Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. Chinchiná: Cenicafé, 2008, 8p. (Avances Técnicos No. 371).
29. PUERTA Q., G. I.; MARÍN M., J. OSORIO B, G.A. Composición microbiológica del mucílago de café. P. 44-45. En: INFORME anual de actividades de actividades de investigación. Disciplina Química industrial. Chinchiná. Cenicafé, 1996, p.v.
30. PUERTA Q., G. I.; RÍOS A., S. Composición química del mucílago de café. P. 2-3. En: INFORME anual de actividades de investigación. Disciplina Química industrial. Chinchiná. Cenicafé, 1996, p.v.
31. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R. Desarrollo de la tecnología BECOLSUB para el beneficio ecológico del café. Chinchiná: Cenicafé, 1997. 6 p. (Avances Técnicos No. 238).
32. ROLZ, C.; MENCHUE., J.F.; ESPINOSA, R.; GARCÍA P., A. Coffee fermentation studies. p. 259-269. En: COLLOQUE International sur la Chimie des Cafés. (5: Junio 14-19: Lisboa. París: ASIC, 1971. 434p.
33. SANÍN B., O.; VALENCIAA., G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida. I. Duración de la fermentación. *Cenicafé* 21(2):59-71. 1970.
34. TCHANA, E.; JACQUET, M.; GUYOT, B.; VINCENT, J.C. Etude de l'influence des conditions de fermentation sur les caracteristiques d'un café Arabica. p. 309-318. En: COLLOQUE Scientifique International sur le Café. (11: Febrero 11-15 1985: Lomé. París: ASIC, 1985. 695p.
35. VÁSQUEZ M., R.; MONTERO, M. Pérdida de sólidos del endospermo del café durante el beneficiado. p. 543-547. En: SIMPOSIO sobre Caficultura Latinoamericana. (14: Mayo 20-24 1991: Ciudad de Panamá). Tegucigalpa: IICA: PROMECAFE, 1994. 587p.
36. WOOTTON, A.E.; BROWNBRIDGE, J.M. The use of pectic enzyme preparations in coffee processing. *Kenya Coffee* 31(366): 253-255. 1966.