

ENZIMAS: una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucílago del café



Las enzimas son proteínas, producidas por las células vivas. Actúan como catalizadoras (aceleradoras) o reguladoras de las reacciones y procesos químicos, por lo que resultan esenciales para el metabolismo de todo ser vivo. Se caracterizan por ser específicas, es decir, existe una enzima para cada reacción, debido a que actúan sobre sustancias llamadas sustratos. Adicionalmente, se mantienen inalterables, lo que hace referencia a que tal y como entran a la reacción salen de ella, sin cambiar su composición (2).

En condiciones naturales, las reacciones tienden a ser lentas, pero cuando se adicionan enzimas a un proceso, estas reacciones se activan, haciéndolas más rápidas por la función catalizadora de esta sustancia. Con el uso de enzimas se simplifican los procesos, además su especificidad le permite a la industria tener un control de calidad más estricto en los procesos (4).



Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Aída E. Peñuela Martínez

Investigador Científico I

Jenny P. Pabón Usaquén

Investigador Asociado

Carlos E. Oliveros Tascón

Investigador Principal, Disciplina

Ingeniería Agrícola. Centro

Nacional de Investigaciones

de Café, Cenicafe. Chinchiná,

Caldas, Colombia

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

César Augusto Ramírez Gómez

Gonzalo Hoyos Salazar

Diagramación:

María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

<https://doi.org/10.38141/10779/0406>

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manzales
www.cenicafe.org

Las enzimas son utilizadas en diferentes procesos industriales, como la fabricación de productos farmacéuticos, textiles, papel, energía, detergentes y alimentos. Se han usado desde hace miles de años, sin que éste hubiese sido documentado como tal, desde la producción de alimentos como el pan y la cerveza en el antiguo Egipto (5).

En la industria del café también se han utilizado estas sustancias, especialmente para la preparación de concentrados líquidos de café, reducción de la viscosidad y degradación del mucílago del café despulpado, buscando disminuir el tiempo del proceso de fermentación.

El mucílago o baba del café es una sustancia gelatinosa que se encuentra adherida al pergamino; su desprendimiento no es inmediato, por lo que para eliminarlo es necesario aplicar fricción por medio de un desmucilagador mecánico o se debe esperar un tiempo suficiente en el tanque de fermentación para retirarlo mediante el lavado.

En el proceso de beneficio se dificulta retirar el mucílago inmediatamente después del

despulpado, debido a que en su composición tiene una sustancia llamada pectina, la cual forma un gel con el agua y el azúcar presentes también en el mucílago.

Para degradar la pectina es necesario provocar reacciones químicas, en las cuales la estructura de la molécula se divide en moléculas más pequeñas llamadas ácidos orgánicos, los cuales son fácilmente retirados con el agua. Para esto, intervienen los microorganismos presentes naturalmente en el café, los cuales producen enzimas específicas que actúan sobre la pectina presente en el mucílago, en el proceso conocido como fermentación natural (Figura 1).

Sin embargo, estas enzimas también pueden ser producidas por la industria y es posible adicionarlas posteriormente al proceso, con las siguientes ventajas:

- Disminución del tiempo de fermentación.
- Mayor control sobre el proceso.
- Reducción de los riesgos de deterioro de la calidad debido a fermentaciones incompletas o prolongadas, que generan sobrefermentación.



Figura 1. Café despulpado.

Evaluación

En Cenicafé, se realizó una investigación orientada a la evaluación del uso de una enzima específica desarrollada por la industria¹, para degradar la pectina del café, en el proceso de desmucilaginado. Ésta corresponde a una preparación enzimática de alta concentración, en la cual actúa principalmente la pectinasa, que ha sido calificada para el desmucilaginado de granos de café. Específicamente es una pectin-liasa producida a partir de *Aspergillus niger*, que cataliza las reacciones de ruptura de la pectina en moléculas de menor peso molecular. Se ha determinado que su actividad enzimática es máxima a una temperatura de 50°C y un pH de 5,00. En cuanto a la inocuidad y seguridad, este producto cumple con las especificaciones de la FAO y del Codex para enzimas de grado alimenticio (1) (Figura 2).



Figura 2. Enzima evaluada para el desmucilaginado del café.

La investigación se realizó con el fin de determinar el tiempo en el que se logra una remoción de mucílago mayor al 98%, así como el efecto sobre la calidad del café y sobre la carga contaminante de las aguas residuales generadas en el lavado. Para esto, se evaluaron diferentes cantidades de enzima aplicadas a la misma masa de café despulpado, para determinar la concentración más adecuada, a 15, 20 y 25°C. de temperatura ambiente (3).

Las concentraciones evaluadas fueron las siguientes:

- 100 mg enzima/kg de café despulpado
- 200 mg enzima/kg de café despulpado
- 300 mg enzima/kg de café despulpado
- 400 mg enzima/kg de café despulpado

Como resultado de esta evaluación se identificaron valores de remoción de mucílago superiores a 84,9% (Tabla 1), a partir de la primera hora de reacción de la enzima con el café despulpado. Sin embargo, para obtener una remoción mayor que 98%, es necesario esperar tres horas de proceso, tiempo después del cual puede lavarse con seguridad el café. Además, se determinó que no hay efecto de la temperatura sobre el resultado de esta variable, es decir, no hay diferencias en los porcentajes de remoción con las temperaturas de trabajo establecidas.

Tabla 1. Porcentaje de remoción de mucílago (%RM) en diferentes concentraciones en el tiempo de reacción.

Tiempo (h)	Concentración (ppm)			
	100 (%RM)	200 (%RM)	300 (%RM)	400 (%RM)
0,5	72,6	80,2	80,5	83,1
1,0	84,9	86,9	88,4	90,3
1,5	90,1	91,4	93,7	94,1
2,0	93,4	93,8	94,7	95,7
2,5	96,3	96,0	96,8	97,7
3,0	97,8	98,3	98,1	98,2

¹Producida por la empresa AB Enzymes y comercializada en Colombia por la empresa Ingredientes y Productos Funcionales – IPF. www.ipf.com.co

El agua proveniente del lavado del café, con y sin adición de enzimas, fue evaluada también en los indicadores físicos y químicos tales como la Demanda Química de Oxígeno – D.Q.O., el contenido de sólidos totales y suspendidos, y pH. Los resultados de estos análisis mostraron valores similares de carga orgánica determinados para este tipo de proceso y con un promedio del consumo específico de agua de 4,2 L/kg de c.p.s. (Figura 3).

En la Tabla 2, se observan los valores de estos indicadores definidos para el correcto funcionamiento del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio, S.M.T.A (7) y los obtenidos del proceso de remoción (natural o enzimático).

Cabe resaltar, que es necesario realizar el tratamiento posterior de los efluentes en el S.M.T.A, independiente del proceso de remoción, ya sea con adición o no de enzimas, con el fin de remover la mayor cantidad de carga orgánica antes de ser liberada a las fuentes de agua.

Para determinar el efecto de la adición de enzimas sobre la calidad final del café, en todas las muestras evaluadas se controlaron factores que pueden afectarla, como son la calidad de la recolección, la variedad de café (para este caso se trabajó con la Variedad Castillo®), la presencia de impurezas y de frutos de menor calidad antes del despulpado, la remoción completa del mucílago y el secado solar inmediato después del lavado, hasta obtener una humedad final entre 10% y 12% b.h, (Figura 4). Posteriormente, las muestras se enviaron al panel de catación para su evaluación sensorial.

Como resultado de esta evaluación, se determinó que la adición de enzimas en el proceso de fermentación no afecta la calidad, resultado que se corrobora dado que todas las muestras analizadas por el panel de catación no presentaron defectos, ni rechazo. Además, la proporción de tazas con más de 75 puntos², considerada como una calidad usual buena, fue de 64,3% cuando provenían de fermentación natural y 67,9% cuando provenían de la adición de la enzima.



Figura 3. Aguas residuales del lavado del café, de izquierda a derecha primero, segundo, tercero y cuarto enjuagues.



Figura 4. Secado solar de las muestras.

Tabla 2. Indicadores de calidad de aguas residuales del lavado del café.

Indicador	Valores de referencia	Fermentación natural	Valores obtenidos (enzimas)
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	< 4.000 mg/L	3.480	3.040 mg/L
Sólidos totales (mg/L)	30.000*	23.751	21.295 mg/L
D.Q.O. (mg/L)	27.000*	27.561	27.700 mg/L
pH	3,5 – 4,0	3,83	5,64 – 5,96

* valores aproximados

²Para la evaluación, el panel de catación utilizó la escala de la Asociación Americana de Cafés Especiales- SCAA, por sus siglas en inglés, dado que es una de las más conocidas para la comercialización de café (6).

Además, se estimó que el costo de la enzima por cada arroba de café pergamino seco es de \$270 cuando se utiliza la menor concentración (100 ppm) y de \$1.080 cuando se utilizan 400 ppm.

Con los resultados obtenidos, se concluye que con el uso de la enzima, con la menor concentración evaluada (100 ppm), se disminuye el tiempo de proceso entre 85% y 90% frente al obtenido con fermentación natural, con remoción

de mucílago superior al 98%, en máximo 3 h. Adicionalmente, se determinó que no existe diferencia en la carga orgánica de las aguas residuales, ni en la calidad final del café con relación a los tratamientos con fermentación natural.

Validación en el campo

Estos resultados fueron validados en el campo, en fincas de caficultores ubicadas en los municipios de Villamaría, Chinchiná y Palestina en el departamento de Caldas, en El Tambo en Cauca, en El Pital, Gigante y Pitalito en Huila, en Montenegro y Filandia en Quindío y en Trujillo en Valle del Cauca.

Las fincas estuvieron localizadas en un rango de altitud entre 1.200 y 1.850 m, con temperatura entre 18 y 27°C., abarcando condiciones representativas de la caficultura colombiana. Se trabajó con café de las variedades Castillo®, Tabi, Colombia y Caturra. Para esta evaluación se utilizó la menor concentración (100 ppm), debido a que no existen diferencias en los aspectos técnicos y ambientales con las demás concentraciones y además, ésta representa el menor costo para el caficultor.

En cada finca se realizó el proceso de beneficio como normalmente lo hace el caficultor, registrando la información correspondiente a cada proceso (Figura 5). Se pesó el café en cereza y una vez obtenido el café despulpado, se dividió en dos partes iguales, una de ellas se dejó en fermentación natural y a la otra se le aplicó la cantidad de enzima determinada

de acuerdo a la conversión de café en cereza a café despulpado

(Tabla 3), de manera que siempre se adicionara una concentración de



Figura 5. Trabajo de campo con caficultores.

Tabla 3. Cantidad de enzima de acuerdo a la conversión de café en cereza a café despulpado.

Café en cereza (kg)	Café despulpado (kg)	Cantidad de enzima (cm ³)
50	30	3,0
100	60	6,0
250	150	15,0
500	300	30,0
800	480	48,0
1000	600	60,0
1200	720	72,0

100 ppm, lo que equivale a 1 cm³ de enzima por cada 10 kg de café despulpado. En este último caso, se esperaron tres horas y se tomó una muestra para determinar el porcentaje de remoción de mucílago obtenido. Mientras que para el tratamiento con fermentación se tuvo en cuenta el tiempo definido por el caficultor para lavar el café y se determinó la remoción de mucílago correspondiente.

De cada tratamiento, se tomó una muestra de café lavado y éstas se secaron al sol, realizando el seguimiento hasta alcanzar una humedad entre el 10% y el 12% b.h. Posteriormente, se realizó el análisis físico (% almendra sana) y sensorial a cada una.

Se obtuvo un promedio de 97% de remoción de mucílago después de tres horas de aplicada la enzima, como se observa en la Tabla 4.

El promedio del porcentaje de almendra sana obtenido fue de 77,0% y 77,2% para el café por fermentación natural y con adición de enzima, respectivamente. En cuanto a la calidad en taza, el 70% de las muestras a las cuales se les aplicó la enzima tuvieron una calificación de calidad usual

buena, mientras que en las muestras procedentes de fermentación natural fue del 55%. Esto indica que se puede obtener café de mejor calidad en taza cuando se controla el proceso de fermentación a través de la aplicación de enzimas, debido a que se obtiene una alta remoción de mucílago en poco tiempo de proceso.

La calidad del café despulpado presentó una gran variación dadas las diferentes variedades, época de cosecha, calidad de la recolección y condiciones del proceso de beneficio en cada finca; sin embargo, el valor de remoción de mucílago obtenido en el campo fue similar al obtenido en el laboratorio, resultado que genera confianza en la efectividad de la enzima.

En el proceso de validación se obtuvieron porcentajes de remoción de mucílago similares con los dos métodos de remoción aplicados, siendo el tiempo de proceso con adición de enzimas una décima parte del tiempo requerido para fermentación natural.

Además de la disminución del tiempo en el proceso, las ventajas

que se obtienen al utilizar este producto se resumen a continuación:

- Se puede aplicar en bajas concentraciones, con buenos resultados en los aspectos técnicos y ambientales.
- La adición de enzimas facilita la determinación del momento oportuno para lavar el café, en los casos en los cuales se tenga dificultad para hacerlo.
- Permite aumentar la capacidad de procesamiento sin necesidad de aumentar infraestructura, es decir, en épocas de plena cosecha en las que se deben procesar varios lotes de café en el mismo día, se puede lavar sin necesidad de disponer de más tanques para la fermentación.
- Permite dar continuidad al beneficio, en general, y disminuir el tiempo total de proceso.
- Se puede realizar una mejor programación de actividades en la finca, dado el control del proceso.

Tabla 4. Valores promedio, mínimo y máximo para la remoción de mucílago y tiempo de fermentación natural, para los dos procesos evaluados.

	Remoción de mucílago (%)		Tiempo de fermentación natural (h)
	Tres horas con enzima	Fermentación natural	
Promedio	97,0	96,9	27,3
Mínimo	93,9	94,8	16,0
Máximo	98,9	98,7	48,0
Desv. Estándar	1,3	1,1	13,0

Procedimiento para aplicar las enzimas

Pese el café cereza que va a procesar



Utilice la cantidad de enzima de acuerdo a la cantidad de café cereza a procesar, de acuerdo con la Tabla 3



Disuelva la enzima en un recipiente con agua limpia, a razón de 100 ml de agua por cada cm^3 de enzima

Cierre el tapón del tanque



Una vez el café despulpado se encuentre dentro del tanque de fermentación, adicione la enzima disuelta en el agua



Utilice zaranda para clasificar el café despulpado



Verifique que la máquina despulpadora se encuentra en óptimas condiciones y despulpe el café

Revuelva el café para que la enzima entre en contacto con toda la masa



Espere tres horas y lave el café

Señor caficultor

El proceso de fermentación es clave para obtener café de buena calidad física y en taza. Utilizando la enzima Zymucil, 1 cm³ por cada 10 kg de café despulpado, puede iniciar el lavado después de 3 horas de aplicada y remover más del 97% del mucílago, evitando los riesgos que se presentan en la fermentación



Recuerde que una vez removido el mucílago, deber realizar un buen lavado para evitar que queden residuos que generen defectos en las etapas posteriores.

Agradecimientos

A la Estación Central Naranjal, a los compañeros de la Disciplina de Ingeniería Agrícola especialmente al señor Farid López D. Al Doctor Nelson Rodríguez V., de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental. A la Doctora Esther C. Montoya R., de la Disciplina de Biometría. Al Servicio de Extensión y caficultores de los Departamentos de Caldas,

Quindío, Valle del Cauca, Cauca y Huila, por su apoyo en la etapa de validación. Al Panel de Catación de la granja El Agrado, del Comité Departamental de Cafeteros de Quindío, especialmente al señor Jayson Galvis. A las empresas AB-Enzymes e Ingredientes y Productos Funcionales – IPF, cofinanciadoras de esta investigación.

El uso de nombres comerciales en esta publicación tiene como propósito facilitar su identificación y en ningún momento constituye su promoción

Literatura citada

1. AB ENZYMES. Rohapect® TPL : Description and specification. Darmstadt : AB Enzymes, 2009. 2 p.
2. LOWE, D.A. Production of enzymes. p. 391 – 408. In: RATLEDGE, C.; KRISTIANSEN, B. Basic biotechnology. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 569 p.
3. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P. Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café. Chinchiná : Cenicafé, 2010. 19 p.
4. TREVAN M.D.; BOFFEY, S.; GOULDING, K.H.; STANBURY, P. Biotecnología principios biológicos. Zaragoza : Acribia, 1990 . 284 p.
5. SCHMIDT H., H.; PENNACCHIOTTI M., I. Las enzimas en los alimentos: Su importancia en la química y la tecnología de los alimentos [Edición digital]. Santiago de Chile : Biblioteca digital de la Universidad de Chile, 2001.
6. SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. SCAA Protocols: Cupping specialty coffee. En línea. [California] : SCAA, 2009. 7 p. Disponible en internet: <http://www.scaa.org/PDF/PR%20-%20CUPPING%20PROTOCOLS%20V.21NOV2009A.pdf>. Consultado el 21 de Noviembre del 2009.
7. ZAMBRANO F., D.A.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U.; OROZCO R., P.A.; ZAMBRANO G., A.J. Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Chinchiná: Cenicafé, 2006. 28 p. (Boletín Técnico No. 29).

