

RELACION ENTRE LA ACTIVIDAD DE LA POLIFENOL OXIDASA (P.F.O.) Y LAS PRUEBAS DE CATACION COMO MEDIDAS DE LA CALIDAD DE LA BEBIDA DEL CAFE

Jaime Arcila-Pulgarín *
Germán Valencia-Aristizábal

INTRODUCCION

En la actualidad, la única manera de medir la calidad de la bebida del café, es mediante la prueba de catación, la cual está sujeta a la aptitud del catador y no permite una clasificación clara a no ser en casos extremos (1, 2).

La evaluación de la calidad de la bebida es hecha por los catadores, principalmente en función de los sentidos del gusto, del tacto y del olfato y según las sensaciones que ocurren al oler y sorber la infusión, califican los grados de acidez, cuerpo y aroma (12, 13, 17).

Estas cualidades, presentes en distintas fases e intensidades, se complementan y dan para cada taza un sabor determinado: suave, mohoso, terroso, sobrefermentado, astringente, áspero, vinoso, sucio, fruta, etc. (13).

Desde hace varios años se ha venido buscando un método que permita con alguna seguridad, la obtención de índices o valoraciones cuantitativas para estudios sistemáticos de los numerosos factores que puedan alterar dicha calidad y que no se consiguen con las pruebas de catación (1, 9, 11, 18, 22, 23, 33).

* Respectivamente, Asistente y Jefe de la Sección de Fitofisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En esta serie de trabajos se han estudiado factores como: determinación de acidez de vapores condensados, coloraciones del grano como indicadores, reacciones a la gota para el aroma del café tostado, reacciones para metil-cetonas, etc. (2, 3); índices de oxidación, absorción de luz ultravioleta y cromatografía de gas (20, 33).

Amorim y Silva (1) y Oliveira (17) en Brasil, estudiaron además la actividad de enzimas como la Polifenol Oxidasa, Catalasa y Peroxidasa para relacionarlas con la calidad de la bebida, encontrando que la actividad de la P.F.O. podría ser un buen índice para valorar dicha calidad.

En Colombia, Sanint y Valencia (23), y Valencia (27), también hallaron una relación directa entre la calidad de la bebida y la actividad de la P.F.O.

En este estudio realizado en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia, se presentan los resultados del análisis de la actividad de la Polifenol Oxidasa y de las pruebas de catación realizadas a muestras de la cosecha de 1973, sometidas a diferentes tratamientos, con el fin de determinar la influencia de estos factores en la actividad de la enzima y en las pruebas de catación, y establecer la relación entre estas dos medidas de la calidad de la bebida del café.

MATERIALES Y METODOS

La actividad de la Polifenol Oxidasa se midió por el cambio de transmisión de luz a 420 m μ , debido a la producción de color rojo en la reacción $\text{Dopa} \rightleftharpoons \text{Dopaquinona}$, catalizada por la Tirosinasa. Se siguió el método descrito por Sanint y Valencia (23).

Los factores en los cuales se analizó la actividad de la enzima fueron los siguientes:

- 1.- Tiempo transcurrido entre la cosecha y el despulpado: (0-12-24-36-48-72 horas).
- 2.- Sistema de cultivo: cultivo al sol y cultivo a la sombra.
- 3.- Sistema de secado: artificialmente a 40°C, y al sol.
- 4.- Variedad y especie: *C. arabica*: Típica - Caturra - Borbón - Moka.
C. canephora: Robusta.
- 5.- Altitud del lugar de cultivo: 900-1.100-1.300-1.500-1.700-1.900 m.s.n.m.
- 6.- Grado de madurez de las cerezas al momento de la cosecha: verde, "pintón" y maduro.

- 7.- Temperatura (velocidad) de secado: 30-40-50-60-80°C.
- 8.- Tiempo de almacenamiento: (0-1-2-3-4-5-6 meses).
- 9.- Tratamiento con ácido 2 cloroetil fosfónico para acelerar la maduración de la cosecha de café (2 épocas de aplicación 3 dosis y 2 épocas de muestreo). Las dosis fueron: 0-500 y 1.000 ppm de Ethephon. La primera aplicación, se hizo al observarse los primeros granos maduros; la segunda fué 15 días después. Las épocas de muestreo fueron: 15 y 30 días después de la aplicación del producto.
- 10.- Fertilización potásica: fertilización con fórmula completa: 12-12-17-2; Cloruro de Potasio solo; Cloruro de Potasio más N-P-Mg; Sulfato de potasio solo; Sulfato de Potasio más N-P-Mg.

Las muestras escogidas para el estudio, se despulparon inmediatamente después de cosechadas, se fermentaron durante 18 horas y se secaron en estufa a 40°C, excepto en los tratamientos que exigían alguna modificación, tales como temperaturas de secado y demora entre cosecha y despulpado.

Para el factor grado de maduración del grano, se consideraron como cerezas verdes aquellas que presentaban un ligero amarillamiento, pero conservando aún la apariencia visual de verde; como "pintón" se denominó aquella cereza que presentaba la mitad roja y la otra mitad semi-verde o amarilla; cerezas maduras se consideraron aquellas que estaban completamente rojas. De cada tratamiento se sometieron a catación 3 muestras de 200 gramos cada una.

Para la variable tiempo de almacenamiento, las muestras se almacenaron a una temperatura ambiente promedio de 20°C y humedad relativa del 70 % y contenido de humedad del grano del 14 %.

De cada "tipo" de café se tomaron 5 muestras y se determinó en ellas la actividad de la enzima, haciendo lecturas a 1/2, 1, 2, 3, 6, 9, 12 y 15 minutos, en un espectrofotómetro Beckman B, usando la longitud de onda de 420 mμ.

Los datos de la actividad enzimática se expresaron como porcentaje de transmisión de luz y fueron transformados a la función angular $\text{Arc Sen } \sqrt{\frac{\text{0/o}}{\text{0/o}}}$, para realizar el análisis estadístico.

Con el fin de poder efectuar algún análisis estadístico a las pruebas de catación realizadas por el laboratorio de calidades de la Federación de Cafeteros, las calificaciones asignadas

por el catador fueron convertidas a un valor numérico en una escala de 1-5 tanto para la acidez, como para el cuerpo y el aroma, así: 5- Muy bueno; 4- Bueno; 3- Regular; 2- Poco; 1- Sin. Defectuoso.

Mediante esta transformación fué posible buscar la correlación entre la actividad de la Polifenol Oxidasa y la acidez, el cuerpo y el aroma de las muestras analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para el análisis de los resultados de la actividad de la PFO, se consideraron solo las diferencias entre el porcentaje de transmisión de luz al 1/2 minuto de incubación y el porcentaje de transmisión de luz a los 15 minutos de incubación, puesto que la reacción sigue una tendencia de segundo grado a través del tiempo (23), presentándose la máxima actividad, en las condiciones del estudio, alrededor de los 15 minutos de incubación.

SISTEMA DE CULTIVO, SISTEMA DE SECADO Y FERTILIZACION POTASICA.

En la tabla 1 se presentan los resultados de la actividad de la PFO y las pruebas de catación para estas tres variables. Los análisis estadísticos de estos valores no presentaron diferencia significativa dentro de ellos.

TABLA 1.- EFECTO DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO Y SECADO Y LA FERTILIZACION POTASICA, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO Dif. 0/o	Acidez	Cuerpo	Aroma
Sistema de cultivo				
Cultivo al sol	51,3	4,67	3,33	1,00
Cultivo a la sombra	45,0	3,00	3,00	1,00
Sistema de secado				
Café secado al sol	42,5	2,00	1,67	2,00
Café secado en estufa a 40°C	46,4	3,00	3,00	3,67
Fertilización Potásica				
12-12-17-2 (testigo)	6,9	3,67	2,67	3,33
KCl (solo)	12,7	4,00	4,00	4,00
K ₂ SO ₄ (solo)	13,2	4,00	3,33	3,33
KCl + N-P-Mg	9,6	4,33	3,67	4,00
K ₂ SO ₄ + N-P-Mg	10,6	4,00	3,67	2,67

Aunque algunos autores (5) anotan que los cafés cultivados a la sombra, dan calidades de bebida superiores a las de café cultivado al sol, Valencia (27) refiere que al no encontrar diferencias en la actividad de la PFO entre cafés, según la modalidad de cultivo, la calidad de la bebida debería ser también igual.

Valencia (27) tampoco encontró diferencias significativas en la actividad de la PFO por secamiento natural o artificial del café. El secamiento artificial acentúa la aparición de granos de color pardo, lo cual es indicativo de mala calidad (14), pero según Ferraz y Veiga (8) el café se puede secar artificialmente hasta 45°C sin deteriorar su calidad.

No se encontraron diferencias, por efecto de tratamientos con fuentes de potasio, ni en la actividad de la PFO ni en la acidez, el cuerpo y el aroma de la bebida; sin embargo, en la bibliografía se encuentran referencias de que la fertilización potásica aumenta el nivel de este elemento en la planta y le da a los granos coloraciones indeseables (14, 15).

TIEMPO TRANSCURRIDO ENTRE COSECHA Y DESPULPADO.

La mejor calidad, medida como actividad de la PFO, correspondió a las muestras despulpadas, cero y 12 horas después de la cosecha, siendo estadísticamente iguales estos dos tratamientos; las calidades más bajas se obtuvieron con los tratamientos de 48 y 72 horas de demora entre la recolección y el despulpado. El comportamiento a las 24 y 36 horas fué similar al promedio (tabla 2).

El análisis de las pruebas de catación dió resultados muy inconsistentes, pues en el caso de la acidez fueron iguales las calidades de las muestras sometidas a 72-48 y 24 horas de demora entre cosecha y despulpado, las cuales presentaron la mayor acidez. Las muestras sometidas a cero, 36 y 12 horas de demora entre la cosecha y el despulpado, presentaron la menor acidez y fueron iguales estadísticamente entre sí, pero diferentes del primer grupo. Los tratamientos de 48-24-12 y cero horas no fueron diferentes estadísticamente en su aroma, pero si hubo diferencia entre éstos y el aroma de los tratamientos con 36 y 72 horas (tabla 2). No se encontró diferencia significativa en cuanto a cuerpo se refiere.

TABLA 2.- EFECTO DEL TIEMPO ENTRE COSECHA Y DESPULPADO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO	Acidez	Cuerpo	Aroma
	Dif. %			
0 horas	26,6	3,00	2,67	3,00
12 horas	29,0	2,33	2,33	3,00
24 horas	16,3	4,00	2,00	3,67
36 horas	19,8	2,67	3,00	2,00
48 horas	11,2	4,00	3,00	4,00
72 horas	13,2	4,00	3,33	1,00

A este respecto, la literatura coincide parcialmente con los resultados del estudio.

Sivetz (24) anota que cuando la fermentación ocurre en condiciones adversas, los granos pueden dar una bebida agria y ácida. Es posible que dentro del grano sin despulpar ocurra una fermentación anaerobia, afectándose la acidez y la formación de compuestos importantes para el aroma. Para Menchú (13) con la fermentación aerobia se obtiene una bebida de mejor calidad. Regitano (21) encontró que hasta 46 horas de demora entre cosecha y despulpado no se afectaba la calidad de la bebida. Wallis (30) observó que manteniendo el café cereza en sacos durante una noche no había deterioro de la calidad, pero si el despulpado se demoraba una semana si había efectos serios. Generalmente se aconseja procesar las cerezas cosechadas tan pronto como sea posible (10).

VARIETADES Y ESPECIES

En la tabla 3 se presentan los resultados de actividad de la PFO, y las pruebas de catación para 4 variedades de *C. arabica*, y una de *C. canephora*.

En la variedad Robusta de *C. canephora* se observó una gran actividad de la enzima, casi el doble que en las variedades de *C. arabica*.

Entre las variedades de *C. arabica*, la variedad Típica fué la que presentó mayor actividad enzimática, siendo significativamente diferente de las variedades Caturra, Moka y Borbón. La variedad Caturra presentó a su vez mayor actividad enzimática que las variedades Moka y Borbón, con diferencia significativa. Entre las variedades Moka y Borbón no se encontró diferencia en la actividad enzimática.

El análisis de varianza de los resultados de la prueba de catación solo dió diferencia significativa para la acidez. Según la prueba de Duncan las variedades Borbón, Moka y Típica, que presentaron la mayor acidez, no difieren estadísticamente entre si, pero si son significativamente diferentes de la variedad Robusta que no presentó acidez. En la variedad Caturra se observó una acidez muy baja.

En estudio anterior, Valencia (27), encontró también una actividad enzimática mayor en Típica que en las otras 3 variedades de *C. arabica*, lo cual indicaría que la bebida de la variedad Típica es mejor que la de las otras tres; sin embargo al correlacionar la actividad enzimática con los resultados de la prueba de catación, no se encontró significación alguna, posiblemente debido a que como anotan Sanint y Valencia (23), la prueba de catación es útil para determinación de calidades extremas, pero resulta un tanto imprecisa cuando se comparan calidades intermedias.

*Entre las especies *C. arabica* y *C. canephora* se encontraron diferencias en calidad, tanto

TABLA 3.- EFECTO DE LAS VARIETADES Y ESPECIES DE CAFE, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO			
	Dif. %	Acidez	Cuerpo	Aroma
Caturra rojo	20,5	2,00	2,00	2,00
Borbón rojo	11,7	3,67	3,00	3,33
Típica rojo	39,2	3,00	3,00	2,33
Moka	13,4	3,33	2,67	3,33
Robusta	75,4	1,00	4,00	3,67

mediante la prueba de catación, como por el análisis de la actividad de la PFO. En *C. arabica* se encontró acidez y en *C. canephora* no, lo cual coincide con los resultados obtenidos por otros investigadores (3, 24). En cuanto a la actividad de la PFO, Valencia (27), también encontró que ésta era muchísimo mayor en *C. canephora* que en *C. arabica* y así como Amorim y Silva (1), cree que la medida de la actividad de la PFO es útil para clasificar la calidad de la bebida en *C. arabica* solamente.

ALTITUD DEL CULTIVO

Según el análisis de los resultados presentados en la tabla 4 para esta variable, ni la actividad de la PFO ni las pruebas de catación permitieron, en este estudio, realizar una clasificación de calidades, pues aunque se encontraron diferencias significativas en la actividad de la enzima y en la acidez, el cuerpo y el aroma para algunas altitudes, no se presentó ninguna tendencia definida entre tratamientos.

La experimentación anterior a este respecto, parece que tampoco ha logrado aclarar el efecto de la altitud del cultivo sobre la calidad, pues algunos investigadores (13, 24) afirman que al aumentar altitud aumenta la acidez, el cuerpo y el aroma, y otros como Foote (10) han encontrado que la altitud no afecta la calidad.

TABLA 4.- EFECTO DE LA ALTITUD DEL LUGAR DEL CULTIVO SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO			
	Dif. %	Acidez	Cuerpo	Aroma
900 m. s. n. m.	42,9	1,00	2,33	2,00
1.100 m. s. n. m.	34,8	3,00	3,00	3,67
1.300 m. s. n. m.	32,7	2,33	2,67	2,33
1.500 m. s. n. m.	25,9	3,00	3,00	1,00
1.700 m. s. n. m.	33,4	2,33	1,33	1,00
1.900 m. s. n. m.	34,5	3,67	3,00	1,00

TEMPERATURA DE SECADO

Las muestras que se secaron a 30 y 50°C presentaron la mayor actividad enzimática y fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes de la actividad presentada por las muestras secadas a 40-60-70 y 80°C. La menor variación de la transmisión de luz se presentó en la temperatura de secado de 80°C y fué estadísticamente diferente de las demás temperaturas de secado (tabla 5).

El análisis de varianza de las pruebas de catación dió diferencia altamente significativa para los tratamientos, en cuanto a acidez, cuerpo y aroma.

Según estos resultados, con una temperatura de 50°C, se obtuvo la mejor calidad de la bebida, medida tanto por catación como por la actividad de la PFO. Aunque no se presentó una tendencia debida a tratamientos, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ferraz y Veiga (8) quienes obtuvieron las mejores bebidas, con secamiento a 45°C.

TABLA 5.- EFECTO DE LA TEMPERATURA (VELOCIDAD) DE SECADO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO Dif. %	Acidez	Cuerpo	Aroma
a 30°C	32,2	1,00	1,00	1,67
a 40°C	7,5	3,00	2,67	3,33
a 50°C	35,0	4,67	4,00	3,67
a 60°C	8,8	1,00	1,00	1,00
a 70°C	7,4	1,00	1,00	1,00
a 80°C	4,0	3,00	3,00	3,67

GRADO DE MADURACION DEL GRANO

La actividad enzimática para los granos verdes fué mayor y significativamente diferente a la observada en los granos "pintones" y maduros (tabla 6). Entre el café maduro y el café "pintón" no hubo diferencia significativa en la actividad enzimática.

El análisis de varianza de las pruebas de catación dió diferencia altamente significativa para los tratamientos, en cuanto a acidez y aroma.

Según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, la mejor acidez correspondió al café maduro, siguiendo en orden descendente, el café "pintón" y el café "verde"; los tres tratamientos fueron estadísticamente diferentes.

TABLA 6.- EFECTO DEL GRADO DE MADURACION DEL GRANO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamiento	PFO			
	Dif. 0/o	Acidez	Cuerpo	Aroma
Café verde	42,1	2,00	2,00	1,00
Café pintón	24,3	4,00	3,00	4,00
Café maduro	20,9	4,33	3,00	3,67

El mejor aroma se encontró en los granos maduros y "pintones", los cuales fueron iguales estadísticamente; el café verde presentó un aroma desagradable, estadísticamente diferente del aroma encontrado en los otros dos grados de madurez.

Estos resultados concuerdan con la literatura (19, 26, 28, 29), según la cual existe una relación inversa entre la cantidad de granos verdes y la calidad de la bebida.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

En la tabla 7, se presentan los resultados obtenidos con diferentes tiempos de almacenamiento.

La mayor actividad de la PFO correspondió a los cafés con cero, 1 y 2 meses de almacenamiento y la menor actividad a los de 4, 5 y 6 meses, con una tendencia a disminuir aquella al prolongar el almacenamiento.

Según los resultados de las pruebas de catación, solamente en el aroma hubo diferencias significativas por acción del tiempo de almacenamiento, pero no hubo una tendencia definida. Sivetz (24) anota que la acidez disminuye a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento.

Sobre este particular, la literatura trae anotaciones contradictorias: Oliveira (16), no encontró efecto del almacenamiento en la calidad de la bebida; Wooton (32) dice que el almacenamiento del café por más de 9 meses afecta la calidad, y Wilbaux (31) anota que después de 15 meses de almacenamiento, la calidad de la bebida no se afecta. En este aspecto influyen bastante la temperatura y la humedad ambiental.

Se puede concluir que un almacenamiento hasta de 6 meses no afecta la actividad de la PFO ni la calidad de la bebida en las condiciones en que se realizó el estudio.

TABLA 7.- EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LA CALIDAD DE LA BEBIDA.

Tratamientos	PFO			
	Dif. ‰	Acidez	Cuerpo	Aroma
0 meses	7,8	4,67	3,00	3,00
1 mes	5,7	3,00	3,00	3,00
2 meses	3,7	3,67	3,00	3,33
3 meses	2,6	3,00	2,67	2,00
4 meses	2,0	3,00	2,33	2,67
5 meses	2,0	2,33	2,00	1,00
6 meses	2,0	4,33	3,00	2,67

TRATAMIENTOS CON ACIDO 2 CLOROETIL FOSFONICO (Ethephon).

En cuanto a la actividad enzimática (tabla 8), ésta resulto aumentada por acción del Ethephon, especialmente cuando éste se aplicó más cerca a la época de cosecha; sobre este aspecto no se conocen referencias bibliográficas y no se puede explicar adecuadamente esta situación, por cuanto no se conoce bien la acción metabólica del Ethephon, ni el mecanismo de la relación de la actividad de la PFO y la calidad de la bebida.

TABLA 8.- EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON ETHEPHON. RESULTADOS 15 DIAS Y UN MES DESPUES DE APLICADO EL PRODUCTO.

Tratamientos	PFO			
	Dif. ‰	Acidez	Cuerpo	Aroma
1º Epoca.500 ppm 15 días después	6,4	2,66	2,66	1,00
1º Epoca.500 ppm 1 mes después	7,3	2,66	3,00	2,00
1º Epoca.1000 ppm 15 días después	15,9	1,66	2,33	1,33
1º Epoca.1000 ppm 1 mes después	9,1	2,00	2,00	1,00
2º Epoca.500 ppm 15 días después	6,7	2,66	2,66	1,00
2º Epoca.500 ppm 1 mes después	34,9	4,00	2,66	1,66
2º Epoca.1000 ppm 15 días después	17,7	2,00	2,00	2,00
2º Epoca.1000 ppm 1 mes después	32,3	2,33	2,00	1,00
Testigo	4,2	4,00	3,66	2,00

Según las pruebas de catación, la acidez disminuyó al aumentar la dosis de Ethepon en muestras recogidas 15 días después de aplicado el producto; con el transcurso del tiempo, después de la aplicación del Ethepon y cuando este se aplica en época más cercana a la maduración de la cosecha, el efecto perjudicial de éste ácido, en la calidad de la bebida, es inferior. La literatura anota que el Ethepon puede afectar o no la calidad de la bebida, dependiendo de la dosis empleada y del estado de desarrollo de los frutos en el momento de la aplicación (4, 6, 25).

RELACION ENTRE LA ACTIVIDAD DE LA PFO Y LAS PRUEBAS DE CATAACION

Para cada uno de los factores estudiados, se buscó la correlación entre la actividad de la PFO, y la calidad de la bebida, medida como grado de acidez, grado de cuerpo y grado de aroma.

Los coeficientes de correlación obtenidos y su significación estadística se presentan en la tabla 9.

Fué significativo al nivel del 5 % de probabilidad y de signo negativo, el coeficiente de correlación entre la actividad de la PFO y las pruebas de catación, para las variables tiempo de demora entre la cosecha y el despulpado y grado de maduración del grano.

Obtenidos los resultados anteriores y en vista de que parecía existir una relación inversa entre la acidez de la bebida y la actividad de la PFO, se decidió hacer una regresión múltiple con todos los datos obtenidos, cuyos resultados se presentan en las tablas 10 y 11.

TABLA 9.- COEFICIENTES DE CORRELACION DE LA ACTIVIDAD DE LA PFO EN RELACION CON LA ACIDEZ, EL CUERPO Y EL AROMA DE LA BEBIDA EN LOS FACTORES ANALIZADOS.

Factor	Coeficiente de Correlación		
	PFO - Acidez	PFO - Cuerpo	PFO - Aroma
Demora entre cosecha y despulpado	-0.8934 *	-0.4830 NS	0.1017 NS
Variedades	-0.8359 NS	0.7233 NS	0.0246 NS
Altitud del cultivo	-0.0562 NS	0.2762 NS	0.3717 NS
Temperatura de secado	0.1926 NS	0.1288 NS	0.0953 NS
Grado de maduración del grano	-0.9981 *	-0.9815 NS	-0.9701 NS
Fertilización potásica	0.4478 NS	0.7202 NS	0.1265 NS
Tiempo de almacenamiento	0.4983 NS	0.5973 NS	0.2310 NS

* : Significativo al nivel de 5 % de probabilidad.

NS : No significativo.

TABLA 10.- ANALISIS DE VARIANZA DE LA ACTIVIDAD DE LA PFO EN RELACION CON LA ACIDEZ, EL CUERPO Y EL AROMA DEL CAFE.

Factores de variación	G. L.	S. C.	C. M.	F.
Regresión	3	1302.6	434.2	3.56**
Desviaciones de la regresión	48	5862.7	122.1	
Total	51	7165.3		

** Significativo al 1 0/o de probabilidad.

La regresión fué significativa al nivel de probabilidades de F de 1 0/o y los coeficientes de regresión correspondientes a acidez y cuerpo también fueron significativos a niveles de probabilidades de t de 1 y 5 0/o respectivamente.

La ecuación de regresión calculada fué:

$$PFO = 27,18 - 17,24 X 1 - 20,74 X 2 - 4,22 X 3$$

en la que PFO está expresada en valores de Arc sen raíz cuadrada de la diferencia entre porcentajes de transmisión de luz, X1 = acidez, X2 = cuerpo y X3 = aroma, expresados como $\sqrt{X_i}$

TABLA 11.- SIGNIFICACION DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION DE LA ACTIVIDAD DE LA PFO EN RELACION CON ACIDEZ, CUERPO Y AROMA DE LA BEBIDA DE CAFE.

Coefficientes	Errores típicos	Probabilidades
b ₁ , Acidez - 17.236	6.04	Signif. (0,01)
b ₂ , Cuerpo + 20.740	8.55	Signif. (0,05)
b ₃ , Aroma - 4.218	4.73	No signif.

De acuerdo con la ecuación de regresión múltiple, se ve como existe una relación entre la calidad de la bebida de café medida como actividad de la PFO y esa calidad determinada por valoración de acidez, cuerpo y aroma mediante pruebas de catación, especialmente con acidez y cuerpo; sin embargo, al analizar detenidamente la influencia de cada factor del estudio en la calidad, se puede apreciar como la determinación de la actividad de la PFO, en ocasiones, da tendencias más definidas y de más fácil interpretación que las pruebas de catación.

La utilización de esta importante ecuación de regresión sólo sería posible, si mediante las pruebas de catación se dieran valores que indicaran, qué límites de acidez, cuerpo y aroma permiten caracterizar una bebida como buena, regular o mala.

Esto indica el valor del método de determinación de la calidad de la bebida de café mediante análisis de actividad de la PFO; sin embargo, conviene estudiar más a fondo el mecanismo de la relación entre la actividad de esa enzima y la calidad, puesto que a pesar de que en ocasiones es muy clara la explicación de la influencia de algunos factores en la calidad de la bebida de café y en la actividad de la enzima, en otras ocasiones no es tan clara esta influencia, posiblemente por no conocer muy bien aquel mecanismo. En este último caso es posible que haya influencia de algunos factores que aparte de los estudiados, no pudieron ser controlados, como fertilizaciones, lluvias, microclima, etc. y que desde el punto de vista bioquímico pueden ser de gran trascendencia en la composición orgánica del grano.

CONCLUSIONES

Al analizar la actividad de la Polifenol Oxidasa en el grano de café y su relación con la calidad de la bebida según la influencia de factores culturales, genéticos y ambientales puede concluirse lo siguiente:

- 1.- Se encontró una relación inversa entre la actividad de la Polifenol Oxidasa y la acidez de la bebida, y una relación directa con el cuerpo de la misma. Es decir, a mayor actividad de la PFO, sería mayor el cuerpo de la bebida y menor la acidez de la misma.

Esta relación es bien definida principalmente en los tratamientos de tiempo de demora entre la cosecha y el desulpado, entre especies de café y según el grado de maduración de los granos.

- 2.- Tanto por la medida de la actividad de la PFO como por las pruebas de catación se demostró que no hay diferencias en calidad por cultivo al sol y cultivo a la sombra, ni por el sistema de secado al sol y el secado artificial, ni por aplicación de fuentes de potasio solas o acompañadas de N-P-Mg.
- 3.- Entre especies de café es posible distinguir la calidad mediante la actividad de la Polifenol Oxidasa, pues parece cumplirse la relación inversa entre la actividad de la PFO por especies y la acidez de bebida.

Entre las variedades de *C. arabica* es difícil medir la calidad, tanto por la actividad enzimática como por las pruebas de catación.

- 4.- No fué posible correlacionar la actividad de la Polifenol Oxidasa con la calidad de la bebida según la altitud del lugar del cultivo, ni según la velocidad del secamiento, ni con las aplicaciones de Ethephon.
- 5.- Al aplicar Acido 2 Cloroetil fosfónico para acelerar la maduración de la cosecha del café, se produce una disminución de la acidez de la bebida con el aumento de la dosis aplicada, siendo el efecto más pronunciado, mientras menos maduras están las cerezas, al momento de la aplicación.

La actividad de la PFO fué menor en las dosis bajas que en las dosis altas.

- 6.- El tiempo de almacenamiento hasta los seis meses, no afecta en forma notable la actividad de la PFO ni la calidad de la bebida.
- 7.- Es conveniente hacer estudios complementarios con el fin de determinar en forma más clara la relación entre el contenido de fenoles y la acidez, el cuerpo y el aroma de la bebida, y tratar así de ver si existe algún compuesto de este tipo que tenga definida influencia en esas características de la bebida.

RESUMEN

Basados en la estrecha relación encontrada en estudios anteriores entre la actividad de la Polifenol Oxidasa en extractos de café verde y la calidad de la bebida, se analizó la influencia que sobre dicha actividad tienen los siguientes factores: tiempo de demora entre cosecha y despulpado, sistema de cultivo, sistema de secado, variedad y especie, altitud del cultivo, grado de madurez del grano, temperatura de secado, fuente de fertilizante potásico, tiempo de almacenamiento y aspersiones de Ethephon.

La actividad de la Polifenol Oxidasa se midió por el cambio de transmisión de luz a 420 m μ , debido a la producción de color rojo en la reacción $\text{dopa} \rightleftharpoons \text{dopaquinona}$, catalizada por la Tirosinasa.

Mediante pruebas de catación se determinó la calidad de la bebida de las mismas muestras de café que sirvieron para el análisis de la actividad de la enzima.

Por los métodos mencionados se constató que la demora entre cosecha y despulpado, la especie de café, la altitud del cultivo, la temperatura de secado, el grado de maduración, el tiempo de almacenamiento y las aplicaciones de Ethephon, afectan la calidad de la bebida y la actividad de la Polifenol Oxidasa.

Así mismo se comprobó que el cultivo al sol ó bajo sombra, el secado al sol o artificial-

mente y la fuente de fertilizante potásico no influyen en la calidad de la bebida ni en la actividad de la enzima.

La actividad de la enzima estuvo correlacionada con la acidez en algunos casos y se calculó la ecuación de regresión de la actividad de la Polifenol Oxidasa sobre la acidez, el cuerpo y el aroma de la bebida.

SUMMARY

According to former studies there is a close relationship between the Polyphenol Oxydase activity on green coffee extracts and the quality of the beverage. Studies were conducted to analyze the influence of the following factors on the quality of beverage: time between harvesting and pulping, cultivation system, drying system, species and variety, crop altitude, degree of bean maturity, drying temperature, source of potassium fertilizer, storage time, and Ethephon sprays.

Activity of Polyphenol Oxydase was measured by the change of light transmission to 420 mu, due to the production of red color in the reaction $\text{dopa} \rightleftharpoons \text{dopaquinona}$ catalyzed by Tyrosinase.

Beverage quality was also determined by cup testing using replicas of the same samples from which the activity of the enzyme was analyzed.

By the above mentioned methods it was established that both beverage quality and Polyphenol Oxydase activity were affected by: delay between harvesting and pulping, coffee species, crop altitude, drying temperature, degree of bean maturity, storage time, and Ethephon sprays.

Neither beverage quality nor enzyme activity were affected by artificial or sun drying, or the source of potassium fertilizer.

In some cases, enzyme activity was correlated with acidity. A regression equation was calculated to estimate the Polyphenol Oxydase activity on the acidity, body, and aroma of the beverage.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AMORIM, E. V. de e SILVA, D. M. da. Relacao da actividade da polifenoloxidase de grao de *Coffea arabica* L. com a qualidade da bebida. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Boletim Técnico-Científico N^o 31. 1968. 16 p.
- 2.- CALLE V., H. Pruebas químicas para determinar la calidad del café. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 6(65):158-160. 1955.

- 3.- ——— Reacciones cualitativas en la determinación del aroma del café. *Cenicafé* (Colombia) 14(3):187-194. 1963.
- 4.- CANNELL, M. G. R., BROWNING, G. and TURK, A. Towards more efficient cheaper coffee harvesting. *Kenya Coffee* 35(408):25-27. 1970.
- 5.- CARVALHO, A. et al. Melhoramento do cafeeiro. XXI. Comportamento regional de variedades, linhagens e progenies de café ao sol e á sombra. *Bragantia* 20(46):1045-1142. 1961.
- 6.- COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Pruebas con soluciones del ácido 2-cloroetilfosfónico del 48 %/o. Informe anual de labores, 1972. San José, Oficina del Café, 1973. pp. 25-26.
- 7.- FELDMAN, J. R., RYDER, W. S. and KUNG, J. T. Importance of nonvolatile compounds to the flavor of coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 17(4):733-739. 1969.
- 8.- FERRAZ, M. de B. e VEIGA, A. de A. Melhor bebida e maior poder germinativo do café. Superintendencia dos Servicos do Café, Sao Paulo, Brasil. *Boletim* 35(398):5-11,(399):6-18. 1960.
- 9.- FERREIRA, W. A. e AMORIM, H. V. de. Efeito da concentracao do dopa na atividade da polifenoloxidase em graos de café. *O Solo* (Brasil) 62(2):13-14. 1970.
- 10.- FOOTE, H. E. Factors affecting cup quality in coffee. *Coffee and Cacao Journal* (Philippines) 5(12):248-249. 1963.
- 11.- JANICEK, G. and POKORNY, J. Changes in coffee lipids during storage of coffee beans. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* (En alemán) 144:189-191. 1970. (Compendiado en *Horticultural Abstracts* 41(3):926. 1971).
- 12.- LEE, S. Flavor, aroma analysis in African Robustas. *Tea and Coffee Trade Journal* 122(3):30-36. 1962.
- 13.- MENCHU, E. J. F. La determinación de la calidad del café. Guatemala, Asociación Nacional Regional del Café. *Boletín* N^o 8. 1966. 51 p.
- 14.- NORTHMORE, J. M. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. *Turrialba* (Costa Rica) 15(3):184-193. 1965.
- 15.- ——— Raw bean colours and the quality of Kenya arabica coffee. *Turrialba* (Costa Rica) 18(1):14-20. 1968.
- 16.- OLIVEIRA, J. C. de. Ensaio sobre degomagem e armazenamento de café despulpado. *Revista Ceres* (Brasil) 17(92):139-157. 1970.
- 17.- ——— Relacao da atividade enzimática do polifenoloxidase, peroxidase e catalase dos graos de café e a qualidade da bebida. Tese Doutor. Piracicaba, Instituto Brasileiro do Café, 1972. 80 p. (mimeo).
- 18.- PEREIRA, M. J. Proof of the existence of a chlorogenic oxidase in the coffee bean, change in its activity according to the age of the bean. *Estudos Agronomicos* (Lisboa) 3(4):153-156. 1962.
- 19.- RAO, N. G. and NATARAJAN, C. P. Some aspects of quality in coffee. *Indian Coffee* 36(1):15-20. 1972.

- 20.- REYMOND, D., PICTET, G. et EGLI, R. H. Caractères analytiques de l'arome de café. *In Colloque International sur la Chimie des Cafés Verts, Torréfiés et leurs Dérivés*, 2^o, Paris 3-7 mai, 1965. Paris, Institut Francais du Café et du Cacao, 1966. pp. 150-160.
- 21.- REGITANO, A., GARRUTTI, R. dos S. e JORGE, J. de P. N. Influencia do tempo decorrido entre a colheita e o despulpamento de café cereja, sobre a qualidade da bebida. *Bragantia* 26(3):31-37. 1967.
- 22.- RODRIGUEZ, D. B., FRANK, H. A. and YAMAMOTO, H. Y. Acetaldehyde as a possible indicator of spoilage in green Kona (Hawaiian) coffee. *Journal of the Science of Food Agriculture* 20(1):15-17. 1969.
- 23.- SANINT B., O. y VALENCIA A., G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida. I. Duración de la fermentación. *Cenicafé (Colombia)* 21(2):59-71. 1970.
- 24.- SIVETZ, M. How acidity affects coffee flavor. *Food Technology* 26(5):70,72,74,76-77. 1972.
- 25.- SONDHAL, M. R. et al. Efeito do "ethrel" sobre o tipo e qualidade de bebida do café. *Ciencia e Cultura (Brasil)* 25(6-supl):517. 1973.
- 26.- TEIXEIRA, A. A. e GOMES, F. P. O. defeito que mais prejudica a bebida do café. *Revista de Agricultura (Brasil)* 45(1):3-8. 1970.
- 27.- VALENCIA A., G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida de café. *Cenicafé (Colombia)* 23(1):3-18. 1972.
- 28.- VAZ, T. J. e ESTEVES, A. B. Influencia do grau de maturacao da cereja nas características de café cru comercial, robusta de Amboim. *Revista do Café Português* 7(28):32-54. 1960.
- 29.- VICENT, J. C. Influence de la maturité des fruits sur la qualité du café robusta. *Café Cacao Thé* 12(3):240-249. 1968.
- 30.- WALLIS, J. A. N. La calidad del café arabico en Kenia y Tanzania. *Café (Perú)* 8(1-2):1-25. 1967.
- 31.- WILBAUX, R., RICHARD, M. et HAHN, D. Essai de stockage de café vert en silo métallique hermétique. *Café Cacao Thé* 14(2):141-144. 1970.
- 32.- WOOTTON, A. E. The storage of parchment coffee. *Kenya Coffee* 35(412):144-147. 1970.
- 33.- WURZIGUER, J. Substances aromatiques volatiles oxydables comme complément d'appréciation du café torréfié et de ses préparations. *Café Cacao Thé* 7(3):253-260. 1963.