

# SECADO DE EXTRACTOS DE CAFÉ CONCENTRADOS CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Diana Ruiz-Romero\*; Campo Elías Riaño-Luna\*\*; Lucelly Orozco-Gallego\*\*\*

---

## RESUMEN

**RUIZ R., D.; RIAÑO L., C.E.; OROZCO G., L. Secado de extractos de café concentrados con tratamiento enzimático. Cenicafé 51(4):296-305. 2000**

En Cenicafé se determinó la influencia de preparaciones enzimáticas en la obtención de café soluble mediante una investigación a nivel piloto partiendo de extractos provenientes de la Fábrica de Café Liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Se utilizaron dos mezclas enzimáticas seleccionadas en trabajos anteriores. Se hizo un diseño completamente al azar con arreglo factorial compuesto  $3 \times 2 + 3$ , correspondiente a 3 mezclas enzimáticas y 2 métodos de secado (Atomización y Liofilización) para el método de concentración por evaporación al vacío y 3 tratamientos de crioconcentración-lioofilización para cada mezcla, para un total de 9 tratamientos. Se evaluaron las características fisicoquímicas y organolépticas de los cafés solubles obtenidos. Se hizo análisis de varianza, una comparación de promedios (Tukey al 5%) y de contrastes, para analizar los tratamientos de crioconcentración-lioofilización. El café soluble presentó mayor solubilidad y mayores eficiencias de proceso con la utilización de enzimas. Se encontraron diferencias entre las características fisicoquímicas y sensoriales del café liofilizado y el atomizado, resultando mejores para el primero a excepción del rendimiento. En la prueba de taza no hubo diferencias entre los cafés solubles con tratamientos enzimáticos y el testigo; los solubles crioconcentrados tienen mayor calificación en taza que los evaporados. En los extractos concentrados con tratamiento enzimático se observó que debían liofilizarse a temperaturas menores, obteniéndose así un proceso más eficiente y con grandes perspectivas económicas.

**Palabras claves:** Café soluble, *Coffea arabica*, secado, enzimas, liofilización, atomización, industrialización.

---

## ABSTRACT

The influence of enzyme complexes in the process of obtaining soluble coffee was determined in a pilot study with extracts from the Freeze-dried coffee factory of the National Federation of Coffe Growers of Colombia. Two enzyme mixtures selected in a previous work were used. A completely randomized design with compound factorial design ( $3 \times 2 + 3$ ) was used. Three enzyme mixtures and two drying methods (atomization and freeze-drying) for the vacuum evaporation method, and three cryoconcentration-freeze-drying methods were used for every mixture, for a total of nine treatments. Variables evaluated were the physicochemical and sensorial characteristics of the soluble coffees obtained. Analysis of variance and multiple test of Tukey (5%) were performed for the cryoconcentration-free-drying methods. Soluble coffee had higher solubility, and process efficiency was higher when using the enzymes. All characteristics of atomized coffee were superior to those of freeze-dried coffee, except for yield. There were no differences between soluble coffees and the control in cup quality assessment. Cryoconcentrated solubles obtained better qualification than evaporated soluble coffees. The extracts concentrated by enzymatic treatment had to be freeze-dried at lower temperatures, obtaining a more efficient process with great economic perspectives.

**Keywords:** Soluble coffee, *Coffea arabica*, drying, enzymes, freeze-drying, atomization, industrialization.

---

\* Ingeniera de Alimentos. Universidad de La Salle. Becaria Colciencias.

\*\* Investigador Científico II. Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\*\* Ingeniero Agrónomo. Carrera 21 No 62-88, Manizales, Caldas, Colombia.

En investigaciones anteriores en Cenicafé se aplicaron tratamientos bioquímicos en la extracción de café (3) y en la conservación y almacenamiento de extractos de café (4), encontrándose modificaciones favorables como disminución de la viscosidad e incremento de sólidos que facilitan el manejo de estos extractos, favoreciendo las etapas posteriores de concentración y secado al aumentar la eficiencia del proceso y disminuir tiempos y costos de operación.

Varios autores (7, 9, 15), determinaron que la viscosidad es el factor limitativo en la concentración de extractos de café, por tanto, se pretende buscar la reducción de ésta utilizando métodos bioquímicos que no interfieran con las demás características fisicoquímicas y sensoriales del producto final.

Ehlers (5), Jardine (7) y Pelt (9), trabajaron con tratamientos enzimáticos en extractos de café y los resultados obtenidos demuestran que, en extractos con adición de preparaciones enzimáticas, se presenta disminución en la viscosidad para los extractos concentrados. Además, los extractos evaporan más fácilmente y tienen un mayor contenido de sólidos finales en la concentración, antes del proceso de secado.

Esta investigación planteó la determinación de la influencia de los tratamientos enzimáticos en la etapas de concentración y secado durante la elaboración de café soluble, al igual que el establecimiento de las características fisicoquímicas y sensoriales del producto obtenido, para así, satisfacer las necesidades del consumidor nacional e internacional y garantizar las características de calidad propias del café colombiano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los extractos de café de las baterías de extracción de la Fábrica de café liofilizado de Chinchiná y las mezclas de enzimas

hidrolíticas. Se utilizaron dos mezclas de enzimas, teniendo en cuenta aquellas usadas en trabajos anteriores, así: Mezcla 1: GPCE, Gamanasa-Pectinez-Ar-Celulasa y Mezcla 2: SPME, Sumiziyme-Pectinez Ultra-Macexer L

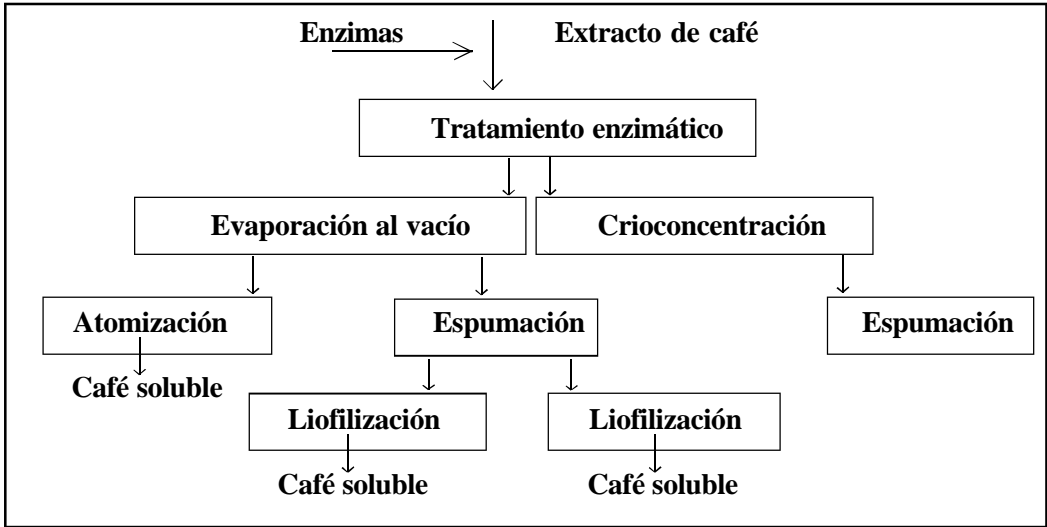
**Metodología.** Para la obtención de café soluble se desarrollaron las operaciones de tratamiento enzimático, concentración y secado (Figura 1).

**Tratamiento enzimático.** Se realizó en un reactor de vidrio enchaquetado, provisto de un agitador de paletas que giraba a 150rpm, acoplado a un baño termostatzado con control automático de temperatura, para mantener el extracto a 45°C durante una hora. Bajo dichas condiciones se logra la máxima actividad enzimática. La concentración de enzima recomendada y comprobada experimentalmente para cada mezcla es de 300ppm (3, 4).

**Concentración.** La concentración inicial de la materia prima fue  $28 \pm 2^\circ\text{Brix}$  y se fijó una concentración final de  $45 \pm 3^\circ\text{Brix}$  para los dos métodos de concentración. La concentración se realizó mediante evaporación al vacío y por crioconcentración. Se trabajó con condiciones de operación constantes, determinadas previamente como las más adecuadas para cada operación.

La evaporación se realizó en un equipo de evaporación de película agitada a una velocidad de 225rpm, conectado a un baño termostatzado a 55°C y un controlador de temperatura. La presión de trabajo de 40mm de Hg, se mantuvo con una bomba y un controlador de vacío.

En la crioconcentración, la formación de los cristales de hielo se realizó en un nucleador, que es un reactor enchaquetado provisto de un agitador raspador conectado a un crióstato. La temperatura del producto fue de -5 a -6°C; el crecimiento de los cristales de hielo se llevó a cabo en un recrystalizador, que es un tanque aislado con refrigeración. La temperatura del producto fue



**Figura 1.** Diagrama de flujo que describe el proceso de obtención del café soluble

de  $-6$  a  $-8^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas. La suspensión de cristales de hielo-extracto se separó por medio de una columna de lavado, donde la comprime la suspensión con la presión generada por un pistón (50-60psi). El líquido concentrado se removió de la columna por la parte inferior a través de un filtro y los cristales de hielo se compactaron en la parte superior, durante 6-7 minutos (11).

El tratamiento testigo se realizó en dos etapas con el fin de alcanzar la concentración final requerida, mientras que para los extractos con tratamiento enzimático sólo se necesitó una etapa.

Secado. El secado se realizó por liofilización y por atomización. En la liofilización es necesario realizar una operación previa denominada espumación para facilitar la liofilización, aumentando la porosidad del producto y permitir el ajuste de la densidad del producto final (10). La espumación se realizó en un reactor encaquetado conectado a un crióstato para mantener la temperatura del producto de  $0$  a  $-2^{\circ}\text{C}$  y garantizar la estabilidad de la espuma; se adicionó nitrógeno gaseoso y se incorporó esta mezcla líquido-gas por medio de un homogeneizador Ultra-Turrax

(Figura 2), durante un tiempo de residencia de 2 minutos y un flujo de gas 10ml/min, para obtener



**Figura 2.** Equipo en el cual se hizo la espumación del café soluble

un grado de espumación o densidad de la espuma entre 0,65 y 0,75, (12).

Obtenida la espuma se procedió a la liofilización donde ocurre la congelación del extracto, la sublimación y la desorción del agua ligada. Se realizó en un liofilizador experimental, que consta de una cámara de liofilización con dos placas, un condensador, un crióstato, una bomba de vacío, sensores y controladores de presión y temperatura. La liofilización se realizó en capa, con un espesor entre 3,5-4,5 mm. El extracto se congeló hasta valores entre  $-28^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$ . La presión de la cámara fue de 0,5mm de Hg. En este momento comenzó el calentamiento de las placas mediante un programa para tal propósito y durante la sublimación, la temperatura del producto fue constante. En el momento en que esta temperatura empezó a aumentar, tratando de igualar la temperatura de las placas, comenzó la desorción, (remoción del agua ligada). La temperatura final del producto fue de  $60^{\circ}\text{C}$  y el tiempo total de la liofilización fue de 8-8,5 horas. Se obtuvo un producto seco en capa y se fraccionó con una espátula. En los extractos con tratamiento enzimático se ajustó un programa de calentamiento diferente al utilizado para el extracto testigo, utilizando menores temperaturas de operación para los extractos con tratamiento enzimático. En la Figura 3 se observa el café liofilizado obtenido (12).



Figura 3. Café liofilizado obtenido en el laboratorio

La atomización se realizó en un atomizador piloto que consta de una cámara de secado, un sistema de pulverización, un dispositivo de calentamiento de aire, un sistema de ventilación y un ciclón de separación aire-polvo; el producto se pulveriza en finas gotas, entra en contacto con una corriente de aire caliente que actúa como fluido calefactor y como transporte y ocurre el secado inmediato. Se transformaron entonces las gotas en partículas sólidas que fueron separadas del aire por medio del ciclón. En el proceso se utilizaron una presión del aire de 2,8 a 3,0kgf/cm<sup>2</sup>, temperatura de entrada del aire de 220-230°C, temperatura de salida del aire entre 80 y 85°C, tiempo de secado de 35 a 45 minutos y con flujo de 2L/h. En la Figura 4 se observa el café atomizado obtenido.

**Diseño Experimental.** Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial compuesto (3x2+3), con 3 mezclas enzimáticas, 2 procesos de secado y tres tratamientos de mezcla enzimática-crioconcentración-liofilización, obteniéndose 9 tratamientos, con 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 2 litros de extracto de café diluido.

Al café soluble se le realizaron mediciones de las características fisicoquímicas y sensoriales en valores L, a y b con las siguientes variables de respuesta: color, densidad aparente.



Figura 4. Café atomizado obtenido en el laboratorio.

te, humedad, pH, acidez y eficiencia del proceso. La evaluación sensorial se realizó en el panel de catación de Cenicafé, teniendo en cuenta las medidas de aroma, sabor, amargor, acidez, cuerpo e impresión global de la bebida reconstituida con el café instantáneo (3, 4, 12).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta el análisis de varianza de las variables fisicoquímicas de respuesta para el café soluble; se encontraron diferencias significativas en el efecto de los tratamientos bajo evaporación, considerandolas mezclas enzimáticas sobre las variables eficiencia, solubilidad y pH, secado en humedad, densidad, eficiencia, color y pH y la interacción mezcla x secado en las variables densidad, rendimiento, color y pH. En los tratamientos de crioconcentración-liofilización se encontraron diferencias significativas únicamente en la variable solubilidad. Para evaporación vs crioconcentración hubo diferencias significativas entre todas las variables a excepción de solubilidad y el color. El efecto medio de los tratamientos bajo evaporación sobre las variables se evaluó mediante la prueba de Tukey al 5% (Tabla 2).

Se observa que hay diferencias significativas en el efecto de las mezclas enzimáticas sobre la

variable solubilidad. El café producido resulta más soluble. Cuando se utilizan enzimas las tres mezclas están dentro del rango de solubilidad buena y entre las dos mezclas con tratamiento enzimático no hay diferencias estadísticas, pero si las hay con el extracto testigo que demora más tiempo en solubilizar (Figura 5). En el pH hay diferencias significativas entre la mezcla GPCE y las otras dos, donde el valor es mayor estadísticamente y puede estar afectado por la adición de agua destilada, ya que un extracto con un pH de 4,8 puede tener un pH de 4,65 cuando se diluye en agua destilada. El café soluble está dentro del rango de pH según Sivetz (13), ya que el café soluble disuelto en agua destilada puede tener un pH de 4,8 (Figura 6). Respecto al pH se encontró que es mayor para el producto atomizado que para el liofilizado, lo cual tiene relación con la pérdida de ácidos volátiles en la atomización debido a la temperatura. Según Bassoli (2) el producto liofilizado tiene 17% más productos volátiles de punto de ebullición bajo y 75% más volátiles de punto de ebullición alto, si se compara con un producto atomizado. La retención de aromas se puede aumentar en el atomizado si se aumenta la concentración de sólidos inicial, se disminuye la humedad relativa del aire y se aumenta el diámetro de la boquilla.

En el rendimiento hay diferencias estadísticas entre el testigo y los extractos con tratamien-

**Tabla 2.** Comparación de promedio de tratamientos bajo evaporación para las variables de respuesta de café, Tukey al 5%.

TRATAMIENTO	ENZIMA	HUMEDAD Media	COLOR Media	DENSIDAD Media	SOLUBILIDAD Media	ACIDEZ Media	pH Media	RENDIMIENTO Media
MEZCLA	SEE	3,415a	38,651a	0,317a	7,190a	2,972a	4,958a	66,380b
	SPME	3,103a	38,192a	0,325a	33,884b	3,116a	4,928a	83,617a
	GPCE	3,273a	38,743a	0,303a	41,141b	3,058a	4,865a	83,392
SECADO	ATO	3,755a	42,443a	0,389a	48,328a	3,049a	4,942a	81,302a
	LIO	2,733b	34,615b	0,241b	39,815a	3,047a	4,892b	74,290b

GPCE= Mezcla enzimática 1 SEE= Testigo sin enzimas. SPME= Mezcla enzimática 2  
ATO= Atomización LIO= Liofilización

\*Medias con letra igual no presentan diferencias significativas

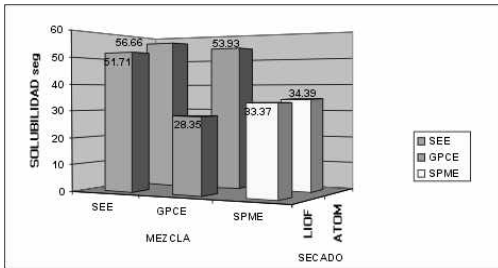
TABLA 1. Análisis de varianza de las variables fisicoquímicas del café soluble evaluadas como respuesta a los tratamientos.

	G L		HUMEDAD		SORT(HUM)		DENSIDAD		SORT(DENS)		RENDIMIENTO LOG(REND)		P>F	
	C	M	C	P>F	C	P>F	C	P>F	C	P>F	C	P>F		
Tratamientos	(8)	1,01	0,0027	0,07	0,003	0,031	0,0001	0,027	0,0001	0,027	0,0001	914,35	0,001	0,0001
Evaporación	(5)	1,31		0,10		0,02		0,023		0,023		742,44		0,03
Mezcla	2	0,19	0,4506	0,01	0,145	0,001	0,4254	0,000	0,4753	0,000	0,4753	782,08	0,0001	0,001
Secado	1	5,78	0,0001	0,44	0,0001	0,13	0,0001	0,105	0,0001	0,105	0,0001	295,04	0,0042	0,01
Mez*Sec	2	0,19	0,4462	0,01	0,411	0,006	0,0141	0,005	0,0163	0,005	0,0163	926,51	0,0001	0,0001
Error	18	0,23		0,017		0,001		0,0009		0,0009		27,57		0,001
Crioconcentración	(2)	0,007	0,97	0,0009	0,96	0,000	0,99	0,0000	0,98	0,0000	0,98	240,62	0,43	0,012
Crioc-hof	9	0,274		0,023		0,0006		0,0008		0,0008		260,05		0,012
Evaporación Vs Crioconcentración	(1)	1,52	0,01	0,109	0,025	0,09	0,0001	0,07	0,0001	0,07	0,0001	2847,13	0,0001	0,13
Tto 7, 8, 9 Vs Resto	27	0,24		0,019		0,0009		0,0009		0,0009		105,07		0,1318
Error	35													
Total			0,54	0,54	0,90	0,89	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71			
R <sup>2</sup>														

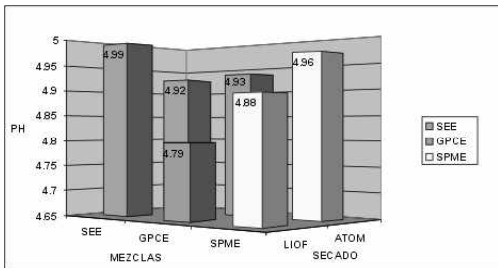
  

	G L		SOLUBILIDAD		SORT(SOLUB)		ACIDEZ		COLOR		pH		
	C	M	C	P>F	C	P>F	C	P>F	C	P>F	C	P>F	
Tratamiento	(8)	821,07	0,0001	5,26	0,0001	0,12	0,0001	0,12	0,0001	57,52	0,0001	0,04	0,0001
Evaporación	(5)	71769		4,37		0,02		0,02		78,94		0,019	
Mezcla	2	1137,88	0,0050	6,74	0,0050	0,04	0,1716	0,04	0,1716	0,69	0,8113	0,01	0,0009
Secado	1	434,86	0,1142	3,14	0,0837	0,00	0,9760	0,00	0,9760	367,69	0,0001	0,01	0,0086
Mez*sec	2	438,92	0,0825	2,61	0,0879	0,03	0,2465	0,03	0,2465	12,82	0,0393	0,02	0,0003
Error	18	157,76		0,93		0,02		0,02		3,29		0,001	
Crioconcentración	(2)	1364,19	0,0002	9,23	0,0005	0,02	0,2648	0,02	0,2648	16,81	0,0633	0,0003	0,6785
Crioc-hof	9	53,66		0,46		0,01		0,01				0,0007	
Evaporación vs Crioconcentración	(1)	264,46	0,1542	1,32	0,20	0,05	0,097	0,05	0,097	120,61	0,0001	0,007	0,0291
Tto 7, 8, 9 vs resto	27	123,6		0,77		0,01		0,01		3,66		0,001	
Error	35												
Total			0,66	0,66	0,66	0,82	0,90	0,82	0,90				
R <sup>2</sup>													

G L=Grados de libertad C M=Cuadrado medio. Si (P>F) < 0,05 hay diferencias entre los tratamientos MEZ\*SEC= Interacción TTO 4 VS TTO 7= Tratamiento SEE-EVA-LIO VS Tratamiento SEE-CRIO-LIO TTO 6 VS TTO 9=Tratamiento SPME-EVA-LIO VS Tratamiento SPME-CRIO-LIO TTO 5 VS TTO 8=Tratamiento GPCE-EVA-LIO VS Tratamiento GPCE-CRIO-LIO



**Figura 5.** Comportamiento de la solubilidad en presencia de evaporación



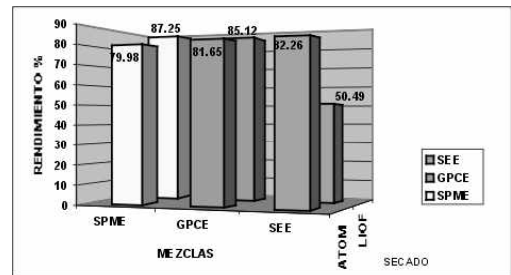
**Figura 6.** Comportamiento del pH en presencia de evaporación

to enzimático; estos últimos presentan un valor superior debido al cambio en las características fisicoquímicas del extracto concentrado por secar como la viscosidad, que incrementa la eficiencia térmica de los procesos, obteniéndose un producto con mayores rendimientos en el proceso de concentración y en el secado (Figura 7). El rendimiento es mayor para el producto atomizado que para el liofilizado, porque al tener una mayor densidad es un producto más pesado y el rendimiento se expresa teniendo en cuenta el peso seco final, en cambio el liofilizado, al ser menos denso, ocupa mayor volumen pero pesa menos. El color es más claro en el producto atomizado que en el liofilizado, pero existen variables que pueden manipularse en el proceso para obtener el color deseado. El color del liofilizado depende de la presión de la cámara; cuando se aumenta la presión es oscuro, pero pueden ocurrir pérdidas de aromas. También el proceso de congelación tiene gran influencia; una velocidad de congelación lenta da como resultado un color

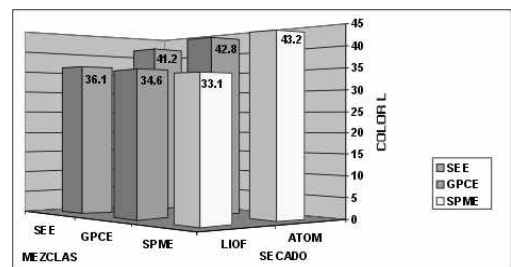
oscuro. Además el color depende del grado de espumación y del tiempo de congelación (Figura 8).

La densidad es menor estadísticamente en el producto liofilizado que en el atomizado, debido a la estructura esponjosa obtenida por los espacios vacíos previamente, ocupados por los cristales de hielo; el producto atomizado tiene un tamaño de partícula muy pequeño que se denomina finos, comparado con el liofilizado y en el soluble, al aumentar el porcentaje de finos aumenta la densidad y disminuye la fluidez.

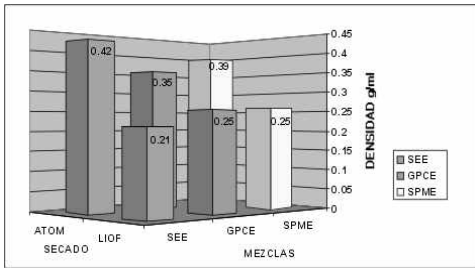
En la reducción del tamaño del producto liofilizado se producen finos lo cual es indeseable por que daña la apariencia del producto (Figura 9). Según Flink (6), a una presión de 0,5 torr la densidad para un producto espumado con congelación lenta es de 0,18g/ml. El producto liofilizado en este trabajo es un producto con grado de espumación de 1,3-1,5, congelado len-



**Figura 7.** Comportamiento del rendimiento en presencia de evaporación



**Figura 8.** Comportamiento del color en presencia de evaporación



**Figura 9.** Comportamiento de la densidad en presencia de evaporación

tamente las densidades varían entre 0,19-0,25g/ml, no obstante el dato reportado por Flink es menor y puede ser por que trabajó con grados de espumación menores. Según Ohtani (8) la densidad a 180°C es 0,22g/ml y debe estar entre 0,2 y 0,32g/ml. En el producto atomizado elaborado en este trabajo la densidad está alta, en un rango entre 0,35 y 0,42, lo cual puede atribuirse al diámetro de la boquilla, porque si es grande la temperatura del aire disminuye y la densidad aumenta. En la Tabla 3 se observa un efecto significativo entre las mezclas enzimáticas para la variable solubilidad; el café crioconcentrado-liofilizado con tratamiento enzimático presenta mayor solubilidad que el extracto testigo, es decir, se solubiliza más rápidamente en agua caliente (Figura 10). En la Tabla 4 se establece la comparación de las medias de las variables del café soluble bajo Evaporación vs Crioconcentración sin tener en cuenta el método de secado y las mezclas enzimáticas. Se encon-

**TABLA 3.** Comparación de medias de tratamientos bajo crioconcentración para las variables de respuesta en café soluble. Tukey al 5%.

MEZCLA	TRATAMIENTOS SOLUBILIDAD	
	Media	Media
SEE	CRIO-LIO	58,34a*
SPME	CRIO-LIO	35,19b
GPCE	CRIO-LIO	21,85b

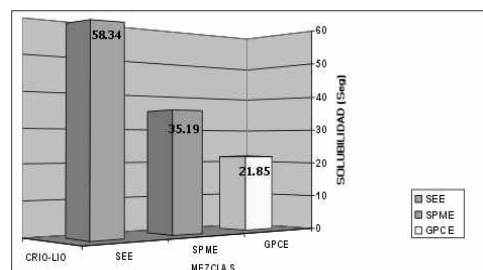
\*Medias con letra igual no presentan diferencias significativas  
 CRIO-LIO: Crioconcentración-Liofilización  
 GPCE= Mezcla enzimática  
 SPME= Mezcla enzimática 2  
 SEE= Testigo sin enzimas

tró respuesta significativa en las variables: humedad, densidad, rendimiento, color y pH, por tanto, estas diferencias se deben directamente al proceso de concentración utilizado.

La humedad es mayor para el extracto evaporado que para el crioconcentrado (Figura 11). La densidad es mayor para el café evaporado, y la razón ya se explicó anteriormente en relación a la influencia de la viscosidad en la espumación (Figura 12). El rendimiento es mayor para el evaporado (Figura 13). El color es más claro para el evaporado (Figura 14). El pH es menor para el café soluble crioconcentrado (Figura 15).

En los procesos de secado se encuentran diferencias entre la atomización y la liofilización. El producto liofilizado es mejor en todas las características fisicoquímicas y sensoriales pero el producto atomizado tiene un rendimiento mayor. Los extractos concentrados con tratamiento enzimático, independiente del método utilizado, deben liofilizarse a temperaturas menores, obteniéndose así un proceso más eficiente y con grandes perspectivas económicas.

En la prueba de taza realizada por el panel de catación de Cenicafé no se encontraron diferencias entre los cafés solubles con tratamientos enzimáticos y el testigo. Los cafés solubles crioconcentrados tuvieron una mayor calificación en taza que los evaporados.



**Figura 10.** Comportamiento de la solubilidad en presencia de crioconcentración - liofilización en café soluble para cada mezcla enzimática



**TABLA 4.** Comparación de medias de las variables de respuesta en café soluble para Evaporación vs Crioconcentración

MET. DE CONCENTR.	HUMEDAD Media	DENSIDAD Media	RENDIMIENTO Media	COLOR Media	PH Media
EVAPORACIÓN	3,464a*	0,31a	77,79a	38,52a	4,91a
CRIOCONCEN.	2,82b	0,19b	58,04b	36,53b	4,73b

\*Medias con letra igual no presentan diferencias significativas. Tukey al 5%

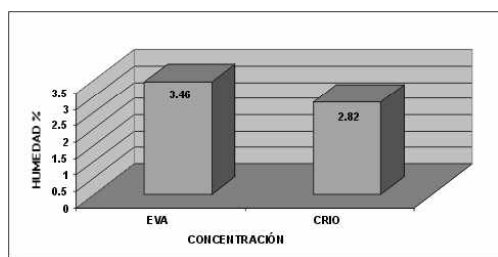
CON= Concentración

EVAP= Evaporación

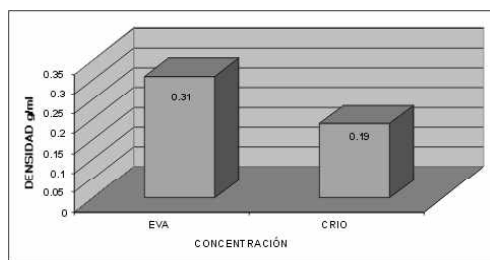
CRIO= Crioconcentración

MED= Media

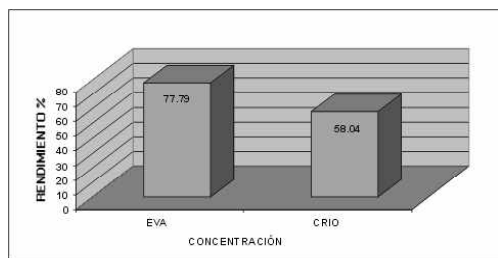
GRU= Grupo



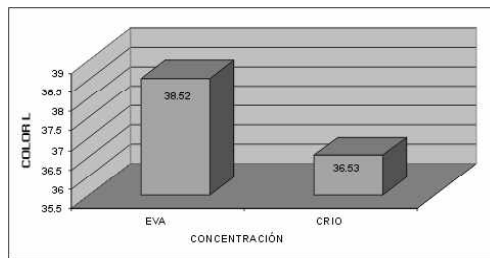
**Figura 11.** Comportamiento de la humedad para evaporación VS crioconcentración.



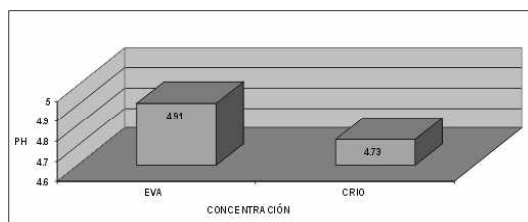
**Figura 12.** Comportamiento de la densidad en evaporación VS crioconcentración.



**Figura 13.** Comportamiento del rendimiento en evaporación VS crioconcentración.



**Figura 14.** Comportamiento del color en evaporación VS crioconcentración.



**Figura 15.** Comportamiento del pH para evaporación VS crioconcentración.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr Bernardo Chaves de la disciplina de Biometría de Cenicafé y a la Fábrica de Café Liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, ubicada en Chinchiná, Caldas .

## LITERATURA CITADA

1. BARBOSA, G. Dehydration of foods. New York, Chapman Hall, 1996. p. 218-247.
2. BASSOLI, D.G.; SUMI, A.P.; AKSHI, Y.; UCHIDA, H.; CASTRO, A.S. DE; OHTANI, N.; OBAYASHI, T. Instant coffee with natural aroma by spray drying. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 15. Montpellier, Juin 6-11, 1993. París, ASIC, 1993. p. 712-718.
3. BOTERO A., F. Utilización de enzimas hidrolíticas en la extracción de café. Santafé de Bogotá, Universidad de América. Facultad de Ingeniería Química, 1997. 130p. (Tesis: Ingeniero Químico).
4. DUQUE C., E.A. Influencia de los tratamientos bioquímicos en el procesamiento y almacenamiento de los extractos líquidos de café. Santafé de Bogotá, Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1995. 96 p. (Tesis: Ingeniero de Alimentos).
5. EHLERS, G.M. Possible applications of enzymes in coffee processing. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 9. Londres, Juin 16-20, 1980. París, ASIC. 1980. p. 267-271.
6. FLINK, J.M. The influence of freezing conditions on the properties of freeze-dried coffee. *In: GOLDBLITH, S.A.; REY, L.; ROTHMAYR, W.W.* Eds. Freeze drying and advanced food technology. Londres, Academic Press, 1975. p. 143-160.
7. JARDINE, J.G. Enzyme treatment of coffee extract reduces viscosity in instant coffee manufacture. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 27(1):14 -23. 1993.
8. OHTANI, N.; TAKAHASHI, K.; TAMUTA, Y.; TOMITA, M.; TAKAHASHI, M.; BASSOLI, D.G.; SUMI, A.P. Spray drying instant coffee product at low temperature. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 16. Kyoto, Avril 9-14, 1995. París, ASIC, 1995. p. 447-456.
9. PELT, W.H.J.M. VAN; BASSOLI, D.J. Freeze concentration: coffee - product and economic analysis. *Café Cacao Thé* 34(1): 37-45. 1990.
10. POSADA F., E. Principios de liofilización. Chinchiná, Federacafé, 1981. 58 p.
11. RIAÑO L., C.E. Estudio de la crioconcentración y su utilización en la preparación de café soluble. Bogotá, Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería Química y de Petróleos, 1977. 192p. (Tesis: Ingeniero Químico).
12. RUIZ R., D.M. Tratamientos bioquímicos en el procesamiento de café soluble. Bogotá, Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1999. 140 p. (Tesis: Ingeniera de Alimentos).
13. SIVETZ, M. Coffee technology. Westport, AVI Publishing Company. 1979. pp. 320-393, 448, 480-487, 499.
14. SPICER, A. Advances in preconcentration and dehydration of foods. Londres, Applied Science Publisher, 1974. p. 66-73.
15. THIJSSSEN, H.A.C. Freeze concentration. *In: SPICER, A.* ed. Advances in preconcentration and dehydration of foods. Londres, Applied Science Publishers, 1974. p. 115-149.