

CONCENTRACIÓN, CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y UTILIZACIÓN EN PAN FRANCÉS DE LA FIBRA DIETÉTICA TOTAL DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*).

Vilma Anabella Joachin Godinez & Ricardo Bressani

Resumen

En años recientes ha existido una demanda de productos ricos en fibra dietética con actividad metabólica para incluirlas en la alimentación humana. Una materia prima de interés en este sentido es la pulpa de café; subproducto del café de gran abundancia y poco uso en donde se produce. Muestras de pulpa de café fueron analizadas por su composición química proximal y por el contenido de fibra dietética con valores entre 19.97 a 28.70% base seca. La pulpa fresca fue sometida a un proceso de concentración de la fibra aplicando seis tratamientos de lavado, siendo los dos mejores el lavado con metanol y metabisulfito de Na o agua con metabisulfito de sodio. A pesar de que el primero dio un producto más claro se seleccionó el segundo el cual dio un producto con 34.70% de fibra dietética. Los tratamientos de preparación se monitorearon a través de análisis de fibra ácido y neutro detergente. El producto fue evaluado por sus características funcionales de capacidad de retención, absorción y adsorción de agua, capacidad de intercambio catiónico y absorción de moléculas orgánicas. El concentrado de fibra dietética se incorporó en niveles de 0, 5, 10 y 15% sustituyendo harina de trigo en la preparación de pan francés. Se evaluó el efecto de la adición sobre las características de la masa y del pan. Los resultados mostraron cambios importantes en el pan sobre todo en los niveles de adición de 10 y 15%. Asimismo se llevó a cabo una evaluación sensorial de color, olor, sabor y textura, siendo el nivel de 5% el pan muy similar al control. Con respecto a la evaluación biológica en ratas se encontró un aumento en el peso de materias fecales de mayor humedad y de mayor contenido de grasa con respecto al nivel de fibra dietética agregada al pan.

Abstract

During the last few years there has been an increasing demand for products rich sources of dietary fiber with metabolic activity. These are to be included in the human diet as ingredient. A raw material of interest in this regard is coffee pulp. This is a by product of the coffee berry processing industry of a relative high availability and low use.

Samples of coffee pulp were analyzed for their chemical composition and for the content of total dietary fiber. The levels found varied between 19.97% to 28.70% on a dry weight basis. The fresh recently collected coffee pulp was subjected to 6 different washing treatments to concentrate and clean the resulting dietary fiber. The best two washing treatments were one using a solution of methanol with sodium metabisulfite or water with the sodium metabisulfite. Even though the first washing treatment yielded a white product the second treatment was selected for the preparation of the dietary fiber for this study. This sample analyzed 34.70% dietary fiber. The preparation process was monitored by means of analysis of acid and neutral detergent fiber. The product was evaluated for its functional properties such as water retention capacity, water absorption and water adsorption capacity, as well as cation interchange capacity and adsorption of organic molecules.

The dietary fiber concentrate was incorporated in increasing levels of 0, 5, 10 and 15% replacing wheat flour in the manufacture of french type of bread. The effect of the addition was evaluated on dough characteristics and of the bread. The results showed important changes on the dough characteristics and of the bread. These effect were more evident at the 10% and 15% levels with the 5% level similar to the control (0% addition). A sensory analysis was also conducted, measuring color, smell, flavor and texture, with the bread with 5% fiber equal to the control. A biological study with growing laboratory rats was conducted to evaluate the biological effect of the dietary fiber from coffee pulp. There was an increase in the weight of the fecal matter which contained a high moisture level as well as higher fat content in the group fed bread with coffee pulp dietary fiber concentrate.

Introducción

La pulpa de café es uno de los subproductos del cultivo del café (*coffea arabica*) que presenta una gran variedad de alternativas para ser recicladas en su totalidad; de 1000 gramos de fruto de café fresco, el 43.2% representa la pulpa de café (1). De varios estudios realizados se ha determinado que la pulpa de café contiene varios componentes importantes tales como: fibra, aminoácidos,

minerales, proteína, etc., debido al afán de conseguir otras fuentes de alimento para animales, también como una opción debido al alza de precios de los ingredientes en concentrados (2).

Según Trowell la fibra dietética es normalmente definida como aquella porción de la dieta que no puede ser digerida por las secreciones

endógenas del tracto digestivo humano (3), otras definiciones incluyen que la fibra dietética es un material complejo que es un constituyente de la pared celular de las plantas, formada por una serie de polisacáridos y otros compuestos derivados de la pared, así como otros no-almidón, polisacáridos no estructurales (4). Las fibras dietéticas han sido objeto de numerosos estudios,

los cuales han demostrado una relación inversa entre el alto consumo de fibra y enfermedades (cáncer, enfermedades coronarias del corazón, cardiovasculares, hipertensión, aterosclerosis, hiperlipidemia, etc. (5). La presencia de la fibra en la dieta puede influir en la función del intestino grueso reduciendo el tiempo de tránsito, aumento de peso y la frecuencia de las heces, y diluyendo el contenido intestinal mediante su fermentación

por la microflora que habitualmente se haya presente en el mismo (5).

En este estudio se utilizó la pulpa de café como fuente de fibra dietética. Al principio se hizo un análisis proximal del material de interés, enseguida, éste material fue sometido a varios tratamientos para limpiar y concentrar la fibra dietética, así como, para eliminar algunos

compuestos indeseables. De este proceso, la pulpa de café se transformó en un concentrado de fibra, al cual se le midieron propiedades fisicoquímicas y, más adelante, fue utilizado como un ingrediente para elaborar pan francés, al cual se le midieron algunos parámetros físicos y químicos. El estudio concluyó con un análisis biológico preliminar en el cual se utilizaron ratas como modelo experimental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La pulpa fresca fue utilizada para el experimento. El experimento se dividió en seis fases:

Análisis proximal de la pulpa de café:

En esta fase se hizo un análisis químico-proximal de pulpa de café fresca y deshidratada y molida a 20 mesh, determinando: humedad (método 14.003 del AOAC, 1984), proteína (método Kjeldahl del AOAC, 1984), grasa (método 7.062 del AOAC, 1984), fibra cruda por el método de la AOAC, cenizas (método 7.062 del AOAC, 1984) (6). En la pulpa también se determinó el fraccionamiento de la pared celular, entre las cuantificaciones que se hicieron están: el contenido celular, fibra ácido y neutro detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina, cenizas (7). Todos los análisis se realizaron en triplicado.

Determinación de la fibra dietética total:

En esta fase se utilizó el mismo material con el que se realizó el análisis proximal. Se determinó la fibra dietética total con los siguientes métodos: 1) Método 32-05 "Fibra Dietética Total", 2) Método 32-06 "Fibra Dietética Total – Método gravimétrico rápido" y 3) Método 32-21 "Fibra Dietética soluble e insoluble en productos de avena, método enzimático gravimétrico"; todos tomados de la AACC (*American Association of Cereal Chemists*) (8), estas técnicas son una combinación de métodos gravimétrico y enzimáticos que se limitan al cálculo de fibras totales o de las fibras solubles e insolubles.

Tratamientos de la pulpa de café para concentrar y limpiar la fibra dietética:

Se tomaron alrededor de 5 libras de pulpa de café fresca que luego se desintegraron en una licuadora, el material se colocó en frascos y en refrigeración hasta el momento del tratamiento químico, a excepción de la muestra que se fermentó, la cual se dejó al aire libre durante 15 días. Luego, el material se deshidrató a una temperatura de 95°C; al siguiente día, a las muestras se les aplicó los diferentes tratamientos utilizando alrededor de 10 g de pulpa/tratamiento que se explican a continuación:

1. Extracción con 100% y 50% metanol: La pulpa de café se llevó a ebullición con 40 mL de metanol puro por 15 minutos, esto se realizó 3 veces y luego se filtró. El residuo se extrajo con 40 mL de metanol acuoso 3 veces. Y, finalmente, el residuo se deshidrató.

2. Extracción con metanol utilizando metabisulfito de Sodio al 2%: Igual tratamiento que la extracción anterior.

3. Extracción con agua y metabisulfito de sodio al 2%.

4. Extracción Osmótica con 5, 10 y 15 gramos de sal. La pulpa se colocó sobre un pedazo de tela, luego se agregó sal y se dejó por 24 horas; finalmente, se lavó con agua caliente; se realizó el mismo tratamiento con 10 y 15 gramos.

5. Extracción Osmótica con 5, 10 y 15 gramos de azúcar. Igual que el procedimiento anterior.

6. Fermentación de la pulpa de café: La pulpa se dejó por 15 días a temperatura ambiente.

Para cada tratamiento se determinó el fraccionamiento de la pared celular (7). Una vez seleccionado el tratamiento para realizar el concentrado de fibra de pulpa de café se procedió a determinarle la fibra dietética total.

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del concentrado de fibra de la pulpa de café:

En esta fase se preparó un concentrado a base de pulpa de café utilizando el tratamiento de agua con metabisulfito de sodio al 2%. Para lo anterior se tomaron 50 lb de café, de las que se seleccionó 5 lb de la mejor calidad, luego éstas se despulparon y se tomaron alrededor de 340 gramos de pulpa. Esta pulpa se desintegró y luego se realizó el tratamiento de metabisulfito de sodio con agua. De este procedimiento se obtuvo una pulpa clara y luego se colocó en una bolsa negra, la cual se introdujo en un frasco y éste último en una hielera. Después, ya en el laboratorio, se introdujo en la refrigeradora para su posterior análisis.

El material se descongeló y se lavó con agua para quitar restos de metabisulfito de sodio. Luego, la pulpa se deshidrató durante 24 horas a 95°C. Al día siguiente, se molió en la licuadora y luego con un molino, hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado, de 20 mesh. Después, se procedió a la evaluación de cinco propiedades fisicoquímicas del material de interés que fueron: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de adsorción de agua (CDA), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO) (3).

Aplicación de la fibra dietética de la pulpa de café en la elaboración de pan francés:

El concentrado de fibra de pulpa de café se utilizó en esta fase como un sustituto de la harina de trigo, en la elaboración de pan francés. Para la masa del pan y para el pan terminado, se midieron varios parámetros. Se realizaron evaluaciones físicas para la masa (peso altura, volumen y diámetro) antes y después de la fermentación. Adicionalmente, al producto terminado, se le realizó una evaluación sensorial utilizando el método de Escala Hedónica, asimismo se midió el volumen, fibra dietética total, proteína, humedad, distancia de penetración y vida en anaquel (13).

Estudio biológico en ratas:

De la fase anterior se obtuvo cuatro lotes de pan. Cada lote se deshidrató y se molió obteniendo cuatro harinas. A cada harina de pan se le agregó

0.5 g de carmín (colorante), con el propósito de marcar las materias fecales de las ratas bajo estudio.

Los animales fueron sometidos a la ingesta de las diferentes harinas de pan durante un periodo de 5 días. La batería donde se alojaron individualmente las ratas era de acero inoxidable con un dispositivo que permitía el consumo de agua. La recolección del desecho (alimento y excreta) se hizo en papel colocado en bandejas, con el fin de evitar que la orina y/o el agua que goteaba del bebedero, cuando el animal la consumía, humedeciera el residuo del alimento.

Para esta fase se midió el peso de las ratas antes y después de alimentarse con las cuatro harinas de pan, así como la cantidad de alimento que ingirieron. Posteriormente, se realizaron tres análisis (proteína, humedad y grasas) a las heces de las ratas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal de la pulpa de café:

En la tabla No. 1, se presenta el análisis proximal de la pulpa de café con un bajo contenido de humedad, sin embargo, el material seco tiene 12.32 % de proteína, 4.11% de grasa, 7.28% de ceniza y 21.81 de fibra cruda.

Otros autores han determinado entre 9.2 a 11.2% de proteína. Con respecto al contenido de fibra cruda se informó valores que varían de 13.2 a 27.6%.

Otros autores han determinado valores entre 2.3 y 2.5% de grasa con base al peso seco (2).

Determinación de la fibra dietética total:

Como se observa en la tabla No. 2, el mayor rendimiento de fibra se obtuvo con el método de "fibra dietética total". Estos rendimientos varían tomando en cuenta que existen factores tales como: tiempo de incubación, cantidad de enzima agregada, concentraciones de buffer y reactivos, que son diferentes para cada técnica. Como consecuencia de lo anterior otras situaciones pueden surgir que interfieran en los resultados, como es la incompleta destrucción de los tejidos, que resulta en la poca remoción del almidón y proteína, lo cual dificulta la filtración; la presencia de inhibidores enzimáticos en las condiciones de incubación que resulta en la pérdida de una pequeña porción de polisacáridos con enlaces glucósido muy lábiles. Durante el proceso de autoclave a un pH no controlado se puede presentar una seria degradación de la de la fibra y como resultado de esto, la pérdida de ésta (9).

Tratamientos de la pulpa de café para concentrar y limpiar la fibra dietética:

Por su naturaleza, la pulpa de café contiene una serie de compuestos orgánicos, tales como, la cafeína, ácido cafeico, taninos, y otros que son precursores de las reacciones de pardeamiento enzimático y de algunos

Tabla 1.
Análisis proximal de la pulpa de café ^{1,2}

Análisis	Porcentaje
Humedad	3.86 ± 0.82
Material seco	96.14 ± 0.82
Proteína	12.32 ± 0.23
Grasa	4.11 ± 0.07
Cenizas	7.28 ± 0.11
Fibra Cruda	21.81 ± 0.74

¹. Valores reportados como promedio ± desviación estándar.
². Análisis hechos en la muestra deshidratada.

Tabla 2.
Determinación de la fibra dietética total en la pulpa de café utilizando tres métodos de la AACC

No. de método	Método	Porcentaje de Fibra Dietética
32-05	Fibra dietética total	28.76 %
32-21	Fibra dietética total soluble e insoluble en productos de avena. Método enzimático	20.52 %
32-06	Fibra dietética total, método rápido	19.97 %

efectos fisiológicos (2) que la hacen hasta cierto punto un subproducto no disponible para otros usos de importancia en el campo de la nutrición, en este caso, la pulpa se sometió a varios tratamientos para eliminar algunas de estas sustancias.

Tabla 3.
Fraccionamiento de la pared celular de la pulpa de café utilizando varios tratamientos ^{1, 2}.

Tratamientos a los que se sometió la pulpa de café	Contenido Celular	Residuo Neutro Detergente	Residuo Ácido Detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Cutina	Cenizas
Control	59.54± 0.79 ^a	40.45± 0.79 ^a	28.20± 2.14 ^e	12.26 ± 1.75 ^h	17.22± 1.06 ^k	8.52 ± 1.52 ⁿ	2.63± 0.59 ^s	1.47± 0.21 ^u
Fermentación	56.08± 1.04 ^a	43.91± 1.04 ^a	31.29± 1.61 ^e	13.67 ± 1.55 ^h	16.82± 1.23 ^k	13.57± 0.27 ^o	0.46± 0.06 ^t	0.22± 0.02 ^y
Metanol	39.73± 2.25 ^b	60.27± 2.25 ^b	42.61± 1.34 ^f	15.74 ± 1.76 ^{hi}	26.59 ± 0.84 ^l	4.86± 0.68 ^p	3.90± 0.43 ^s	0.78± 0.04 ^w
Metanol con Metabisulfito	39.65± 1.09 ^b	60.35±1.09 ^b	44.41± 1.02 ^f	14.61 ± 2.01 ^h	28.84 ± 0.58 ^l	3.23± 0.34 ^p	3.65± 0.65 ^s	3.25± 0.19 ^x
Agua con Metabisulfito	37.57± 1.36 ^b	62.63± 1.36 ^b	40.51± 0.45 ^f	19.57 ± 1.74 ⁱ	27.23 ± 0.88 ^l	7.73± 0.53 ⁿ	3.96± 0.45 ^s	2.57± 0.26 ^y
Sal 5g	50.53± 0.32 ^c	49.47± 0.32 ^c	35.27± 0.83 ^e	14.20 ± 1.14 ^h	21.47 ± 0.99 ^k	9.39± 0.89 ⁿ	2.12± 0.36 ^s	1.56± 0.11 ^u
Sal 10g	47.23± 1.46 ^c	53.75± 1.46 ^c	37.62± 1.96 ^{ef}	15.71 ± 1.48 ^h	23.18 ± 1.67 ^{kl}	8.90± 0.38 ⁿ	2.22± 0.43 ^s	0.78± 0.04 ^w
Sal 15g	49.45± 1.22 ^c	50.54± 1.22 ^c	33.24± 1.26 ^e	17.30 ± 1.31 ^h	21.01 ± 1.03 ^k	10.08± 0.1 ⁿ	1.35± 0.08 ^s	0.46± 0.01 ^{vw}
Azúcar 5g	66.98± 0.30 ^d	33.02± 0.30 ^d	25.60± 0.35 ^g	7.42 ± 0.63 ⁱ	15.18 ± 0.27 ^m	3.09± 0.29 ^q	2.45± 0.17 ^s	0.64± 0.02 ^{vw}
Azúcar 10g	67.01± 0.64 ^d	32.99± 0.64 ^d	27.04± 1.32 ^g	5.95 ± 0.73 ⁱ	12.55 ± 0.43 ^m	4.65± 0.75 ^q	2.56± 0.31 ^s	0.54± 0.02 ^w
Azúcar 15g	68.96± 1.37 ^d	31.03± 1.37 ^d	24.10± 0.99 ^g	6.81 ± 0.68 ⁱ	14.70 ± 0.95 ^m	1.91± 0.18 ^r	2.45± 0.46 ^s	0.52± 0.01 ^w

¹: Valores reportados con promedio ± desviación estándar.

²: Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

Tabla 4.

Propiedades fisicoquímicas de la Fibra dietética total de la pulpa de café. ¹

Propiedades	Cantidad
Capacidad de retención de agua (CRA)	10.44 g H ₂ O / g materia seca ± 0.14
Capacidad de absorción del agua (CAA)	10.12 g H ₂ O / g materia seca ± 0.25
Capacidad de adsorción del agua (CDA)	1.20 g H ₂ O / g materia seca ± 0.33
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	0.89 miliequivalentes H ⁺ /g ± 0.19
Capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO)	2.22 g de aceite /g muestra seca ± 0.09

¹: Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Como se puede apreciar en la tabla No. 3 el residuo neutro detergente (fibra) se concentró para la mayoría de tratamientos a excepción del tratamiento con azúcar; asimismo en los seis tratamientos se notó que los mejores resultados se obtuvieron con dos tratamientos (metanol con metabisulfito y agua con metabisulfito). Desde el punto de vista del contenido de fibra se obtuvo el mayor rendimiento con la combinación de agua y metabisulfito de sodio (62.63%) que con la de metanol y metabisulfito de sodio (60.35%); sin embargo, la mejor apariencia se obtuvo con la combinación de metanol y metabisulfito (material amarillo bastante claro).

Debido a que se obtuvo un mayor rendimiento de fibra neutro detergente con el tratamiento de agua y metabisulfito, éste se escogió para la próxima fase del experimento. La pulpa tratada con agua y metabisulfito se molió hasta llevarla al tamaño de partícula deseado de 20 mesh, obteniendo un concentrado, al cual se le determinó un 34.73% de fibra dietética total, es decir 6% más que la pulpa control (tabla No. 2), con lo que sí se logró concentrar y limpiar la fibra dietética de la pulpa.

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas

La fibra dietética por estar constituida por una serie de polisacáridos, presenta varias propiedades fisicoquímicas importantes.

La capacidad de retención de agua (CRA) se emplea básicamente para hacer referencia a la cantidad de agua que un hidrato de carbono puede retener sin que haya liberación de líquido (10); la CRA que se determinó para el concentrado de fibra de la pulpa de café (ver tabla No. 4) fue de 10.44 g agua/g de muestra, algunos autores han reportado valores de 6.36 y 6.04 g agua/g muestra respectivamente para la zanahoria y el betabel (3).

La CAA es definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se coloca en un exceso de agua (10). Para la harina de pulpa de café se determinó un valor de CAA de 10.12 g agua/g, algunos autores han reportado el valor para el betabel de 6.04 g agua/g muestra (ver tabla No. 4) para absorber el agua (3).

Por otro lado se determinó que la harina de la pulpa de café adsorbió 1.20 g agua/g de material seco. En este caso al estar la harina bajo una atmósfera controlada, se dio una transferencia de masa del gas (agua vapor) a la harina hasta llegar a un equilibrio; es decir, la pulpa se hidrató en cierto sitios ya sea por medio de las fuerzas de Vander Waals o por medio de puentes de hidrógeno. De acuerdo a algunos autores (3) el betabel y la zanahoria tienen una CDA de 1.58 y 0.85 g agua/g material seco respectivamente (ver tabla No. 4), lo que indica que el valor obtenido para la pulpa de café cae entre estos resultados.

Con respecto a la capacidad que tiene la fibra de absorber moléculas orgánicas (CAMO) tales como ácidos biliares, en la harina de café se determinó un valor de 2.22 g de aceite/g muestra seca que está entre los valores reportados en literatura para la zanahoria y el trigo de 2.70 y 0.7 respectivamente (3).

Finalmente se determinó la capacidad de intercambio catiónico. Esta propiedad se considera como un mecanismo, mediante el cual la fibra dietética puede influir en la unión de minerales (3). La presencia de pectinas muestra la capacidad para unirse a minerales divalentes como el hierro, cobre y zinc. Para la harina de café se determinó que la CIC fue de 0.89 eq H⁺, el cual presenta un valor muy parecido al de la soja con un valor de 0.90 eq H⁺(3).

Aplicación de la pulpa de café en la elaboración de pan francés

De acuerdo a estudios realizados la pulpa de café sólo ha sido utilizada como alimento en raciones para animales (2). Es atractivo que despierte interés el aprovechamiento de este subproducto de desecho como es la pulpa de café, el cual al ser transformado en un concentrado con un 34.73% de fibra dietética total, se utilice como un ingrediente, y, precisamente por la razón anterior este producto fue utilizado como un sustituto de la harina de trigo para elaborar pan francés; de donde se hicieron cuatro lotes en los que el concentrado se incorporó al 0, 5 10 y 15%.

A los cuatro tipos de pan francés se sometieron a una evaluación sensorial, utilizando el método de la Escala Hedónica que luego se analizó

estadísticamente realizado un análisis de varianza y la prueba de Tukey, de donde se determinó que el pan que más gustó era el que tenía el 5% de concentrado de fibra, seguido del control; mientras que los panes con 10 y 15% no llenaron las expectativas de los panelistas, especialmente en cuanto al color y textura. (13)

En la tabla No.5 se puede observar que para los cuatro lotes de pan, después de salir del horno, tienden a perder peso debido a la deshidratación que el producto sufre.

Como se puede notar en los datos de las tablas No. 6, 7 y 8, la altura, el diámetro y el volumen, se ven afectados al aumentar el porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café, debido al empobrecimiento del gluten que se encuentra en la harina de trigo, que es lo que le da la elasticidad y el crecimiento al pan. Además, las enzimas no pudieron atacar a todo el sustrato (azúcares fermentables) debido a que la fibra lo impide.

Según en la literatura, el volumen está linealmente correlacionado con el contenido de proteína en la harina de trigo (11), sin embargo, en la tabla 8 se nota una tendencia contraria, ya que a medida que disminuye el volumen, aumenta la cantidad de proteína; esto se debe probablemente a que la harina de café aporta cierta cantidad de proteína que no necesariamente es gluten, para lo cual hay que hacer énfasis que la pulpa de café tiene alrededor de 12.32% de proteína (tabla No. 1). Para medir la distancia de penetración del pan se utilizó el penetrómetro; como se observa en la tabla No. 8 a medida que aumenta el porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café, la distancia de penetración es menor, es decir, el pan es más duro. Según la literatura, el endurecimiento está conectado con la retrogradación del almidón (11).

En este sistema tan complejo se piensa que la dureza se debe a que el pan tiene menor cantidad de humedad, sin embargo, en este análisis no fue así, ya que el pan con mayor cantidad de humedad era el más duro (ver tabla No. 8). Cabe resaltar que al medir la humedad del pan se pudo determinar, una vez más, la alta capacidad que tiene la fibra dietética de la pulpa de café de absorber, adsorber y retener agua (ver tabla No. 4)

Con respecto a la cantidad de fibra dietética total para cada lote de pan se puede observar una relación directamente proporcional entre el porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café incorporado al pan, con el porcentaje de fibra dietética total (ver gráfica No. 1). Algunos autores como F-Saura, Calixto & colaboradores. (12) proponen que la asociación entre los almidones y proteínas, taninos y proteínas, y taninos y almidones, que se establecen en diferentes alimentos de origen vegetal, después de su cocción, causan un aumento en fibra. Sumando a lo antes expuesto, según Lintas y Capellon (13), han propuesto que debido al bajo contenido de lípidos presente en ciertas leguminosas, el aumento de fibra dietética total (FDT) no puede explicarse sólo por la interacción entre lípidos y carbohidratos, sino que el tratamiento casero y/o comercial promueven otro tipo de interacciones que aumentan el contenido de polisacáridos no almidones y/o propicia la formación de almidones modificados capaces de resistir la acción enzimática y en consecuencia, aumentar el contenido de fibra dietética insoluble, y por ende, el de la FDT, enmascarando el verdadero valor o contenido de fibra dietética del alimento en cuestión (11).

Tabla 5.
Perdida de peso del pan después del horneado.

Porcentaje del concentrado de la fibra de pulpa de café	Peso por unidad de masa antes del horneado (g)	Peso por unidad de pan después del horneado (g)
0%	42.50	37.40
5%	42.50	37.40
10%	42.50	36.30
15%	42.50	36.00

Tabla 6.
Altura de la masa al inicio, después de una hora de fermentación y del pan después del horneado con diferentes porcentajes de concentrado de fibra de pulpa de café.

Porcentaje del concentrado de fibra de pulpa de café	Altura inicial de la masa de francés (cm)	Altura de la masa después de una hora de fermentación (cm)	Altura del pan francés después del horneado (cm)
0%	2.83 ± 0.05	3.56 ± 0.21	4.83 ± 0.05
5%	2.90 ± 0.10	3.40 ± 0.15	3.80 ± 0.30
10%	2.96 ± 0.06	3.36 ± 0.05	3.80 ± 0.14
15%	3.10 ± 0.10	3.10 ± 0.05	3.10 ± 0.10

Tabla 7.
Diámetro en las etapas de elaboración del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Porcentaje del concentrado de fibra de pulpa de café	Diámetro inicial de la masa de francés (cm)	Diámetro de la masa después de una hora de fermentación (cm)	Diámetro del pan francés después del horneado (cm)
0%	4.56 ± 0.21	6.30 ± 0.21	6.56 ± 0.55
5%	4.43 ± 0.11	6.20 ± 0.87	7.07 ± 0.05
10%	4.46 ± 0.15	6.10 ± 0.59	7.26 ± 0.21
15%	4.40 ± 0.17	5.36 ± 0.15	5.50 ± 0.10

Tabla 8.
Características físicas del pan en diversos niveles de fibra dietética de la pulpa de café

Nivel de fibra de pulpa de café	Volumen cm ³	Distancia de penetración (cm)	Humedad %	Proteína %
0%	106.00 ± 0.95	11.16 ± 0.65	25.67 ± 0.26	10.27 ± 3.41
5%	107.50 ± 1.88	11.50 ± 1.95	27.26 ± 0.97	14.43 ± 1.24
10%	97.66 ± 2.45	9.33 ± 0.40	24.88 ± 1.90	14.56 ± 1.23
15%	57.33 ± 2.88	3.13 ± 0.23	32.48 ± 0.76	15.22 ± 3.21

Otro aspecto de calidad que se evaluó en el pan fue el cambio de peso durante siete días (ver gráfica No. 2); los panes con 0, 5 10% de concentrado de fibra de pulpa de café perdieron 4.82, 4.91 y 4.54 gramos de agua respectivamente, en el caso del pan con 15% sólo perdió 3.83 g de agua, lo cual implica que a mayor cantidad de concentrado incorporado es menor la cantidad de agua que se pierde; esto se debe a el hecho de que la fibra de la pulpa de café tiene alta capacidad para retener, absorber y adsorber agua (ver tabla No. 4).

Tabla 9.

Pesos de materiales fecales de las ratas en las dietas con 0, 5, 10 y 15% en fibra de la pulpa de café y contenido de humedad y grasa.

Nivel de fibra en pulpa de café en pan %	Peso	Humedad %	Grasa %
0%	1.77 ± 0.31	1.92 ± 0.11	2.20 ± 0.97
5%	2.83 ± 0.16	2.46 ± 0.46	2.23 ± 1.52
10%	2.57 ± 0.19	2.96 ± 0.59	2.72 ± 1.29
15%	5.30 ± 0.58	6.48 ± 1.63	4.03 ± 0.89

Análisis biológico

Con el fin de determinar el efecto de la fibra dietética de la pulpa de café en algunos aspectos fisiológicos, se procedió a realizar un análisis biológico preliminar utilizando ratas con edades comprendidas entre 40 y 45 días de nacidas.

Para lo anterior se molió el pan francés utilizado en la fase anterior, de donde se obtuvo cuatro tipos de harina. A cada harina se le agregó 0.5 g de carmín (colorante) como un indicador en las heces de las ratas. Las ratas consumieron la harina de pan durante cinco días y las heces se fueron recolectando durante este tiempo. Como se puede notar en la tabla No. 9 las ratas que consumieron los panes con 0 y 15% de concentrado de fibra de pulpa de café obtuvieron los pesos de heces de 1.77 y 5.30 g respectivamente, lo que se le atribuye a la capacidad que tiene la fibra del café de absorber, retener y adsorber agua.

Por otro lado la humedad mayor en las heces para aquellas ratas que comieron el pan con mayor cantidad de fibra (15%) fue de 6.48% y esto debido a las propiedades fisicoquímicas ya mencionadas.

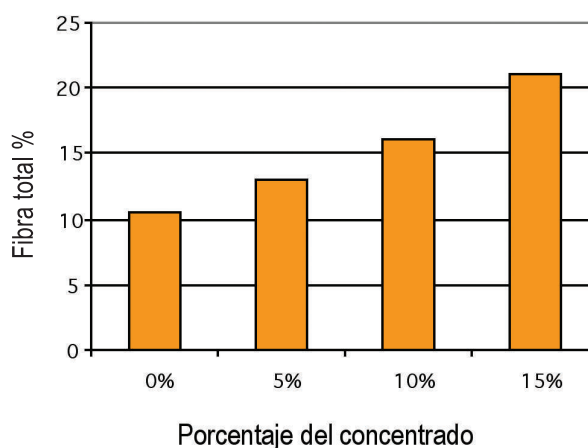
En cuanto a la cantidad de grasa también se determinó un incremento debido a la capacidad que tiene esta fibra de absorber algunos ácidos biliares, lo cual estaría relacionado con la cantidad de lignina presente en la fibra obtenida del tratamiento con metabisulfito de sodio y agua que fue incorporada al pan (ver tabla No. 3).

CONCLUSIONES

- Al comparar todos los tratamientos empleados para limpiar y concentrar la fibra dietética en la pulpa de café, se concluyó que sí existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al fraccionamiento de la pared celular.
- La fibra dietética total de la pulpa de café se concentró de 28.76% a 34.73% utilizando el tratamiento de agua con metabisulfito de sodio (2%), el cual resultó ser el tratamiento más conveniente.
- La incorporación en aumento de harina de pulpa de café en pan francés disminuye algunos parámetros físicos (altura, diámetro, volumen) y aumenta otros parámetros como es la humedad, proteína y fibra dietética total.
- El pan que tuvo mejor aceptación en cuanto a los cuatro atributos evaluados, fue el que tenía una concentración de harina de pulpa de café del 5%.

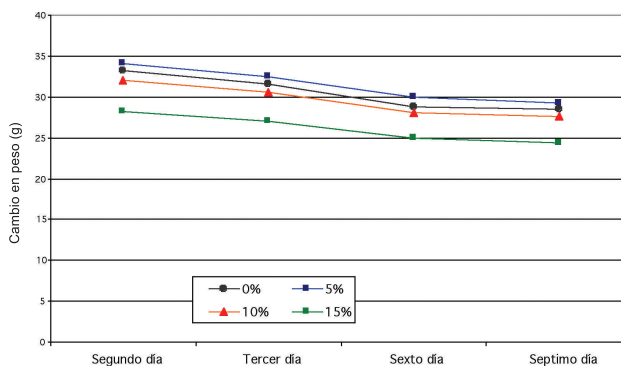
Gráfica 1.

Porcentaje de fibra dietética total del pan francés con diferentes niveles de fibra de pulpa de café.



Gráfica 2.

Cambio en peso durante siete días de observación.



- Estadísticamente sí hubo diferencia significativa en cuanto al color y textura para el pan que tenía un 15% de pulpa de café.
- El incremento en volumen, humedad y grasa en heces de ratas se debe a las propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética de la pulpa de café.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Aguirre Batres, F. (1966) *La utilización industrial de grano de café y sus productos* Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). Investigaciones Tecnológicas del ICAITI, Guatemala.
- (2) Bressani R & Brahamm J. E. (1979) *Coffee pulp composition technology and utilization* (eds) IDRC Ottawa Canada
- (3) Lajolo Penna, et al. (2001) *Fibra dietética en Ibero América: Tecnología y Salud* En: Zambrano, M., Meléndez, R. & Gallardo, Y. *Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética* Editorial Varela Livraria, Brasil
- (4) Connor, Sun D, Smith B & Melton L. (2003) *Effect of soluble dietary fibers on lipase-catalyzed hydrolysis of Tributurin* **J. Food Sci.**68: 1093-1099
- (5) *Conocimientos actuales sobre nutrición* (1991) *Fibras de la dieta* Scheneeman, B. & Gallear, D. (eds) 6ta ed. International Life Sciences Institute Press, Washington, 95-101
- (6) AOAC (1984) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Virginia, USA, 14 ed
- (7) Van Soest, P.J. & T.B. Robertson (1979) *Systems of analysis for evaluation of fibrous feeds* 49-60, In: W.J. Pigdem, C.C. Bolch & M. Graham (eds) *Standardization of Analytical Methodology for Feeds Proc. Workshop held in Ottawa, Canada*
- (8) AACC (1984) *Approved Methods of the American Association of Cereal of Chemists* St. Paul. MN
- (9) James, W. & Theander, O. (1981) *The analysis of dietary fiber in food* Marcel Decker Inc.
- (10) Badui, S. (1997) *Química de Alimentos Alambra Mexicana*, México
- (11) Stauffer C. (1990) *Functional Additives for Bakery Food* AVI Book
- (12) González G. (2000) Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas **Archivos Latinoamericanos de Nutrición** 50: (3) 281-285
- (13) Witting de Penna, E. (2000) *Evaluación Sensorial: Una metodología actual para tecnología de Alimentos*. Editorial Talleres Gráficos USACH, Chile, Inscripción No. 52676, 134 pp



Ricardo Bressani &
Vilma Anabella Joachin Godinez***

*Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle de Guatemala.
anabella.joachin@yahoo.com

**Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala