

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL SECADO DE POLEN APÍCOLA PROCEDENTE DE DOS ZONAS DE CUNDINAMARCA

EVALUATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE ON THE DRYING OF BEE-POLLEN FROM TWO ZONES OF CUNDINAMARCA

JOHANNA PATRICIA BARAJAS-ORTIZ

Ingeniera de Alimentos, Universidad Jorge Tadeo Lozano jjohanna18@hotmail.com

TELMO MARTÍNEZ

Zootecnista. Apicultor, Apiario los Cítricos, Universidad Nacional de Colombia abejita33@hotmail.com

EDUARDO RODRÍGUEZ-SANDOVAL

Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Antioquia, edrodriguez@unal.edu.co

Recibido para revisar junio 19 de 2009, aceptado marzo 25 de 2010, versión final junio 18 de 2010

RESUMEN: En este estudio se evalúa la influencia de la temperatura de secado (35°C y 45°C) y el origen del producto (la Calera y Zipaquirá) sobre las características físicas, químicas, y nutricionales del polen seco. Los métodos utilizados para determinar la influencia de los tratamientos son: Caracterización fisicoquímica, actividad de agua, índice de solubilidad, tamaño de partícula, contenido de vitamina C y carotenos. Los resultados confirman que el secado de polen a una temperatura de 45°C es el más adecuado debido a que presenta un menor tiempo de proceso y no se afectan sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales. Los contenidos de proteína, fibra y ceniza del polen no se afectan por la temperatura de secado. El contenido de carotenos del polen de la Calera es mayor que el de Zipaquirá, posiblemente por la flora de recolección en cada zona. El contenido de vitamina C disminuye al aumentar la temperatura de secado, pero no existen diferencias significativas entre zonas.

PALABRAS CLAVE: Polen apícola, temperatura, secado, origen.

ABSTRACT: The influence of the drying temperature (35°C and 45°C) and the bee-pollen origin (la Calera and Zipaquirá) are evaluated on the physical, chemical and nutritional characteristics of dried bee-pollen. The methods used to establish the effect of the treatment are: Physicochemical characterization, water activity, solubility index, particle size, vitamin C and carotene content. The results confirm that the drying temperature of 45°C is suitable for the drying process of bee-pollen because the process time is lower and the physical, chemical and nutritional properties are not affected. The protein, fiber and ash contents are not affected by the drying temperature. The carotene content of the pollen from la Calera is higher than that of the pollen from Zipaquirá, probably due to the composition of the flora in each zone. The vitamin C content decreases as the drying temperature increases, but there are no significant differences between zones.

KEYWORDS: Bee-pollen, temperature, drying, origin.

1. INTRODUCCIÓN

El polen es un polvillo producido por los órganos masculinos de las plantas recogido por

las abejas con su boca humedeciéndolo con néctar y dándole forma de pequeños granos. La producción de polen apícola en Colombia presenta una estacionalidad con tres picos en el

año: Mayo, Octubre y Diciembre. Sin embargo, la zona conocida como altiplano Cundiboyacense, tiene una producción continua durante todo el año [1]. De la producción de polen derivan sus ingresos unas 300 familias de apicultores que en total manejan unas 6000 colmenas. El apicultor puede vender en promedio a \$12000/kg de polen (US\$ 4.8 /kg) y al consumidor final puede llegar hasta \$30000/kg de polen (US\$ 12 /kg) [2].

El polen recolectado por las abejas es humedecido con miel o néctar que la abeja lleva en su boca. Con las patas delanteras sacan el polen de la boca, traspasándolo a las patas del medio y finalmente pasando el polen a las patas traseras desde donde es transportado a las colmenas. Si el polen se recolecta de diferentes flores éste presentará distintos matices. El contenido de polen de las diferentes especies y variedades de plantas varía ampliamente y su producción depende principalmente de factores edáficos y climáticos. Las principales plantas poliníferas en Colombia son: *Citharexylum fruticosum*, *Weimania tomentosa* (Cunoniaceae), *Vallea stipularis* M. (Eleocarpaceae), *Miconia squamosa* (Melastomataceae); *Galtheria sclerophylla* (Ericaceae), *Eucalyptus globulus* L. y *Myrciantes leucoxylla* (Myrtaceae), *Zea mays* (Poaceae), *Brassicca campestris* (Cruciferae), *Acacia decurrens* W. (Mimosaceae), *Hesperomeles goudiana* (Rosaceae), *Oreopanas floribundum* (Araliaceae), *Dodonea viscosa* (Sapindaceae), *Alnus acuminata* H.B.K. (Betulaceae) y *Puya sp* (Bromeliaceae) [3].

El procedimiento de recolección consiste en instalar una trampa que está constituida por una placa que retiene el polen, obligando a las abejas a pasar por unos orificios circulares de 5 mm de diámetro. Las abejas, al pasar por la placa dejan caer los granos de polen a través de una malla, a un depósito recolector inferior. La periodicidad de recolección depende de la capacidad de la trampa, la humedad del polen, el clima del lugar de cosecha, tamaño y temperatura de la colmena [4].

Los cambios que puede sufrir el polen por la manipulación manual afectan su poder nutritivo

y dan paso a la proliferación de bacterias y hongos que se encuentran favorecidos por la alta humedad del polen fresco, por esta razón, es necesario deshidratar el producto para incrementar su vida útil [5]. En ciertas partes del mundo el secado de polen se realiza al sol, siendo este proceso poco conveniente ya que su tiempo de exposición es largo, dando lugar a la aparición de bacterias y hongos. El secado por aire caliente es el proceso apropiado y utilizado actualmente para obtener un producto comercial debido a un menor tiempo de proceso y a las condiciones de manipulación del producto [6].

El polen puede ser comercializado tanto fresco como seco; no obstante, la comercialización en fresco requiere un proceso de conservación a baja temperatura (entre 5°C y 10°C) para evitar su deterioro. El secado de polen, cuyo objetivo es disminuir su actividad acuosa, permite conservar el producto a temperatura ambiente facilitando su comercialización y beneficiando económicamente a los apicultores. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como propósito estudiar el efecto de la temperatura de secado y el origen del producto sobre las características fisicoquímicas y nutricionales del polen seco.

2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

El polen se obtuvo de dos municipios de Cundinamarca: la Calera y Zipaquirá. Los dos municipios tienen una temperatura aproximada de 14°C; sin embargo, las zonas donde están ubicados los apiarios son diferentes. La zona de la Calera es montañosa, tiene mayor humedad y arborización con relictos de bosque nativo, mientras que el apiario de Zipaquirá está ubicado en una zona más abierta, donde predominan las pasturas de la ganadería lechera.

2.2 Procedimiento

La materia prima utilizada en este estudio se transportó desde el apiario hasta las instalaciones de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en frascos de vidrio, a temperatura ambiente (20 ±3°C), en

cantidades de 1 kg por unidad. La limpieza del polen se realizó manualmente, ya que contenía impurezas como abejas, hojas, etc. Se utilizaron 500 g de polen para el proceso de secado con aire caliente y la cantidad restante se conservó para realizar los análisis fisicoquímicos.

El proceso de deshidratación del polen limpio se llevó a cabo en un secador de bandeja con aire caliente sin recirculación, a temperaturas de 35°C y 45°C (rango de temperaturas recomendado por los apicultores). El proceso de secado finalizó cuando el producto llegó a un contenido de humedad menor a 12%. La humedad relativa del aire en Bogotá se encuentra generalmente entre 60 a 70%. Este parámetro no se controló dentro del equipo de secado. Los parámetros que se mantuvieron constantes durante el proceso de secado del polen fueron:

- Velocidad del aire (3 m/s), el cual depende de la configuración del equipo y su ventilador.
- Espesor del producto (0.02 m) debido a la cantidad de muestra utilizada en el proceso (250 g por bandeja)
- Área de secado (0.07 m²), corresponde al área de las bandejas.

2.3 Métodos

Caracterización de materia prima: La proteína se determinó por método Kjeldahl utilizando un factor de 6.25 para la conversión de nitrógeno a proteína (960.52), para el contenido graso se utilizó el extractor Soxhlet con éter de petróleo como solvente (963.15), para la fibra cruda se empleó digestión enzimática y lavado con alcohol y acetona (991.43), el contenido de cenizas se hizo por gravimetría después de incineración en un horno a 550 °C hasta peso constante (920.181) y el contenido de humedad se realizó por gravimetría utilizando un horno a 100 °C por 3 h (925.45B) [7].

Curvas de secado: Las curvas de secado se realizaron registrando la pérdida de peso de la muestra durante el tiempo de proceso mediante

un sistema de adquisición de datos acoplado al secador. Los pesos obtenidos se convierten en términos de humedad residual empleando las ecuaciones (1) y (2) [8].

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \quad (1)$$

Donde W es el peso del sólido húmedo (kg totales de agua más sólido seco), W_s es el peso del sólido seco (kg sólido seco), y X_t es la relación entre el peso del agua y el peso del sólido seco a un determinado tiempo (kg de agua/kg de sólido seco). Posteriormente, se calcula la humedad residual por medio del contenido de humedad en equilibrio para cada valor de X_t (Ecuación 2).

$$X = X_t - X^* \quad (2)$$

Donde X^* es la humedad en equilibrio (kg de agua en equilibrio/ kg de sólido seco). X es el contenido de humedad residual (kg de agua libre/kg de sólido seco) para cada valor de X_t

Medida de la actividad de agua (a_w): El equipo que mide actividad acuosa (model ms1 Set a_w , Novasina AG, Suiza) se calibró mediante el uso de diluciones saturadas de sales de actividad de agua conocidas. El equipo consta de una cámara y un panel de control. Dentro de la cámara se ubica el material y se obtiene el valor de actividad de agua del producto.

Determinación de carotenos: Los carotenos del polen se extrajeron por medio de la acción de un solvente (hexano) y una columna de cromatografía con absorbentes (trifosfato de calcio y sulfato de sodio anhidro) cuyo objetivo es retener las sustancias diferentes a los carotenos [9]. La absorbancia de la muestra obtenida se determinó en un espectrofotómetro (Helios alfa, Termo Spectronic, Rochester, NY) a una longitud de onda de 450 nm, y la cantidad de caroteno se estableció de acuerdo a una curva de calibración previamente realizada.

Determinación de vitamina C: La extracción del ácido ascórbico de las muestras de polen se realizó con ácido oxálico (0.15% p/v) de acuerdo con la metodología propuesta por Bernal

[9]. Se empleó el espectrofotómetro descrito anteriormente a una longitud de onda de 540 nm. La cantidad de vitamina C se determinó tomando en cuenta una curva de calibración previamente realizada.

Índice de solubilidad: La muestra de polen (5 g) fue disuelta en agua destilada (100 ml), a temperatura ambiente. Cada 5 s durante 1 min se pesó la muestra [10]. Para hallar el índice de solubilidad (IS) se aplicó la Ecuación (3).

$$IS = \frac{W_d - W_r}{W_o - W_d} \quad (3)$$

Donde IS es el índice de solubilidad del polen seco, W_r es el peso de la muestra después de la inmersión en agua (g), W_d es el peso de la muestra seca (g), W_o es el peso de la muestra inicial antes del proceso de secado (g)

Tamaño de partícula: El tamaño de partícula se determinó en un RoTap (Model B., W.S. Tyler, Inc., Gastonia, NC) con tamices de 150 μm , 250 μm , 355 μm , 425 μm , 500 μm y 850 μm . El peso de polen en cada tamiz se midió después de un tiempo de tamizado de 10 min. [11]. El tamaño de partícula fue calculado usando la fórmula de Ensor et al. [12].

2.4. Diseño experimental y análisis estadístico

En la experimentación se utilizó un diseño experimental factorial 2^2 , cuyos factores y niveles se muestran en la Tabla 1. El total de tratamientos realizados en la experimentación fue de 12, los cuales incluyen 3 repeticiones. Debido a la restricción de producción de los apiarios, se disponía de una muestra de polen de 1 kg por cada semana de experimentación, la cual se desarrolló en el periodo comprendido entre Julio y Agosto del 2008. Los resultados se analizaron utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 mediante ANOVA y un porcentaje de error del 5% en el nivel de significancia.

Tabla 1. Factores y niveles del experimento

Table 1. Experimental factors and levels

| Factores | Niveles |
|-----------------------|--------------------|
| Origen de polen | Calera y Zipaquirá |
| Temperatura de secado | 35°C y 45°C |

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Curvas de secado

La curva de secado muestra el comportamiento de la humedad con respecto al tiempo. Las Figuras 1 y 2 muestran unas curvas de secado representativas del polen procedente de la Calera y Zipaquirá, respectivamente, a las temperaturas de proceso de 35°C y 45°C. La curva de secado a 35°C presenta un mayor tiempo de proceso si se compara con la de 45°C. A pesar que las muestras no presentaron una misma humedad residual inicial, a una mayor temperatura de secado se observó un menor tiempo de proceso. El tiempo total de secado para el polen de la Calera a 35°C fue de 297 min, y a esta misma temperatura para el polen de Zipaquirá fue de 210 min. El tiempo gastado para secar el polen de la Calera a 45°C fue de 198 min y para el polen de Zipaquirá fue de 156 min.

3.2 Contenido de humedad y actividad de agua

El descenso de la humedad en un alimento mediante un proceso de deshidratación disminuye su actividad de agua, de tal forma que se inhibe el crecimiento de microorganismos [13]. La actividad de agua del polen de ambas zonas disminuyó al mismo tiempo que lo hizo su contenido de humedad como se muestra en la Tabla 2. Existe una diferencia significativa entre la actividad de agua según el tratamiento (fresco, seco a 35°C, seco a 45°C), pero no entre zonas. La actividad de agua del polen de la Calera es levemente mayor, esto se debe probablemente a que la ubicación geográfica del apiario se encuentra en una zona de bosque húmedo; sin

embargo, la variación entre los datos obtenidos no es mayor a 0.1, siendo similares a nivel experimental.

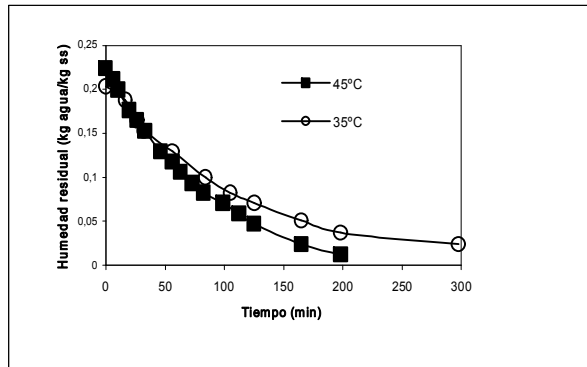


Figura 1. Curvas de secado a 35°C y 45°C del polen de la zona de la Calera

Figure 1. Drying curves of bee-pollen at 35°C y 45°C from Calera zone

En el proceso de secado con una temperatura de 45°C se pierde mayor humedad llegando a contenidos entre 7 y 8%. Uno de los objetivos del secado es disminuir el contenido de humedad a valores por debajo de $\pm 8\%$ o alcanzar valores de a_w por debajo de 0.6, para no permitir el crecimiento de bacterias y hongos y retrasar lo más posible el desarrollo de ácaros e insectos en el producto [6].

3.3. Caracterización química del polen

La Tabla 3 presenta la composición en base seca del polen de ambas zonas y a las dos temperaturas de secado. Al someter un producto a un tratamiento térmico se espera como resultado una disminución en el porcentaje de proteína por desnaturalización de la misma; sin embargo la desnaturalización térmica de las proteínas está fuertemente condicionada al contenido de humedad y a la temperatura aplicada [14].

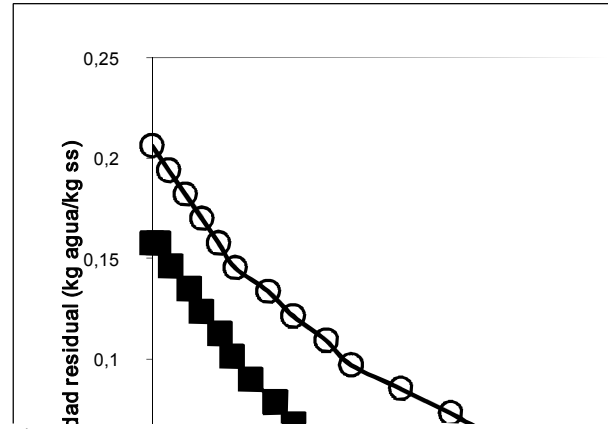


Figura 2. Curvas de secado a 35°C y 45°C del polen de la zona de Zipaquirá

Figure 2. Drying curves of bee-pollen at 35°C y 45°C from Zipaquirá zone

Tabla 2. Contenido de humedad y actividad de agua para las muestras de polen
Table 2. Moisture content and water activity for the bee-pollen samples

| Zona polen | Tratamiento | Actividad de agua | Humedad (%) |
|------------|-------------|-------------------|-----------------|
| Calera | Fresco | 0.78 \pm 0.01 | 23.82 \pm 1.3 |
| | Seco 35°C | 0.46 \pm 0.02 | 9.31 \pm 0.7 |
| | Seco 45°C | 0.39 \pm 0.1 | 8.29 \pm 1.8 |
| Zipaquirá | Fresco | 0.73 \pm 0.05 | 19.41 \pm 3.4 |
| | Seco 35°C | 0.50 \pm 0.08 | 11.23 \pm 2.1 |
| | Seco 45°C | 0.33 \pm 0.05 | 7.09 \pm 2 |

El porcentaje de proteína de polen para ambas zonas y para los diferentes tratamientos no tiene diferencias significativas. El porcentaje de proteína del polen estudiado se encuentra cercano al 28%. Rogala y Symas [15] reportaron un porcentaje de proteína de 27% para el polen de Polonia, cifra cercana al valor obtenido en este trabajo. Por otro lado, Almeida-Muradian et al. [16] reportaron un valor de 21% de proteína (base seca) para polen seco de la región del sur de Brasil, y Salamanca-Grosso et al. [3] determinaron un valor de 17% de proteína para polen seco del departamento de Boyacá, Colombia.

El porcentaje de grasa (base seca) aumenta levemente a medida que aumenta la temperatura de secado. Los lípidos del polen están constituidos por lípidos citoplásmicos internos y lípidos externos de una capa adhesiva que cubre el grano de polen. Sin embargo, el contenido de lípidos que reporta la mayor parte de la literatura se refiere principalmente al contenido graso de la cubierta externa del polen y puede constituir solo una pequeña fracción de la grasa total del material [17]. La determinación del contenido graso por el método de extracción con éter de petróleo, empleado en este trabajo, puede extraer alrededor de un 27% del total de lípidos, pero si la pared del polen se fractura o se quiebra más fácilmente por efecto de un proceso, como el secado, el valor reportado podría ser mayor [18]. La estimación del contenido graso total del polen apícola requiere análisis y métodos mucho más estrictos para realizar la completa extracción de los lípidos con solventes.

El polen seco de la Calera tuvo un porcentaje de grasa entre 4 y 5%, valores cercanos a los reportados en un estudio realizado para polen fresco, polen almacenado en las colmenas y reunido por las abejas con un porcentaje de 4.8% [17]. Almeida-Muradian et al. [16] reportaron un valor de 7% de grasa (base seca) para polen seco de la región del sur de Brasil. Por otro lado, el polen seco de Zipaquirá presentó porcentajes de grasa entre 1.1 y 2.2%, siendo similar al reportado por Salamanca-Grosso et al. [3] para polen seco de Boyacá con un valor cercano al 2.5% de grasa. El contenido de grasa del polen de la Calera fue mayor que el reportado para el polen de Zipaquirá.

Los datos obtenidos del contenido de cenizas indican que no hay una diferencia significativa entre los procesos a los que se sometió el polen, es decir que la temperatura no influye directamente en el porcentaje de cenizas. El polen de Zipaquirá obtuvo el mayor porcentaje de cenizas para los tres tratamientos comparado con el polen de la Calera. Todos los resultados del contenido de ceniza son menores a los encontrados por Human y Nicolson [17], los cuales se encuentran entre 3.6% y 4.5%.

El contenido de cenizas del polen de la Calera (2.1 a 2.89%) es similar a los reportados por

Almeida-Muradian et al. [16] y Salamanca-Grosso et al. [3], los cuales están en un rango de 2.2 a 2.7%.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica del polen en base seca

Table 3. Physicochemical characterization of bee-pollen in dry basis

| Zona polen | Tratamiento | proteína (%) | grasa (%) | ceniza (%) | fibra (%) |
|------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Calera | Fresco | 27.38 ±1.9 | 3.8 ±2.1 | 2.16 ±0.4 | 0.48 ±0.8 |
| | Seco 35°C | 28.19 ±1.4 | 4.1 ±1.4 | 2.09 ±0.4 | 0.46 ±0.4 |
| | Seco 45°C | 28.85 ±3.0 | 5.1 ±1.8 | 2.89 ±0.3 | 0.43 ±0.5 |
| Zipaquirá | Fresco | 28.17 ±2.2 | 1.14 ±1.1 | 3.0 ±0.04 | 0 |
| | Seco 35°C | 28.45 ±1.2 | 1.37 ±2.2 | 3.33 ±0.1 | 0 |
| | Seco 45°C | 28.20 ±1.9 | 2.2 ±1.8 | 3.20 ±0.3 | 0 |

No se detectó fibra en el polen de Zipaquirá y el porcentaje de fibra del polen de la Calera no se afectó significativamente por la temperatura de secado. El porcentaje de fibra (0.4%) obtenido en los resultados de este trabajo es bajo comparado con los valores reportados por Rogala y Symas [15] y Salamanca-Grosso et al. [3], que corresponden a 2.59% y 5.4%, respectivamente.

3.4. Contenido de vitamina C y caroteno del polen

La vitamina C corresponde al grupo de las vitaminas hidrosolubles y estables en su forma seca, pero en solución se oxidan con facilidad. El nombre de vitamina C se le otorga a todos los compuestos que poseen la actividad biológica del ácido ascórbico. La vitamina C es una vitamina sensible a los tratamientos térmicos, por esta razón se observa en la Tabla 4 que la cantidad de dicha vitamina en el polen disminuye a medida que aumenta la temperatura de secado, pero no existen diferencias significativas entre zonas, por lo tanto se puede afirmar que la cantidad de vitamina C se afecta principalmente por la temperatura de secado y no por su procedencia.

Las provitaminas son compuestos que en el organismo se transforman en vitaminas. El papel más importante de los pigmentos del caroteno en la dieta humana y de otros animales es su capacidad para funcionar como precursores de la vitamina A. Una molécula de caroteno produce por oxidación dos moléculas de vitamina A [19]. En la estabilidad de los pigmentos, la temperatura, tanto para reacciones anhidras como hidratadas, actúa como acelerador de la reacción de degradación [20]. Sin embargo, al reducir la actividad de agua durante el proceso de secado, se concentran los antioxidantes y se protegen los carotenoides [14]. En la Tabla 4 se observa una diferencia estadísticamente significativa en el polen de las dos zonas, con un mayor contenido de carotenos para el polen de la Calera, esto también depende de las diferentes especies y variedades de plantas, de las cuales las abejas recolectan el polen. No se encuentran diferencias significativas entre la cantidad de carotenos del polen fresco y el polen seco a 35°C; sin embargo, se observa una disminución de éste en el polen seco a 45°C principalmente en la zona Calera.

3.5 Tamaño de partícula del polen

El tamaño de partícula del grano de polen varía según su zona de origen como se evidencia en la Figura 3. El polen de la Calera tiene mayor tamaño de partícula, entre 837-845 μm , sin presentar diferencias significativas entre tratamientos. Se esperaba que con el tratamiento térmico disminuyera el tamaño de partícula (por perder agua) pero no ocurrió así. De otra parte, el polen de Zipaquirá presenta un rango de tamaño de partícula entre 824-828 μm , siendo mayor el polen seco a 45°C con respecto a los demás tratamientos, pero sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 4. Influencia de la temperatura de secado en el contenido de vitaminas en el polen

Table 4. Influence of drying temperature on the vitamin content in bee-pollen

| Zona polen | Tratamiento | Vitamina C (mg /100 g polen) | Carotenos (mg / g polen) |
|------------|-------------|------------------------------|--------------------------|
| Calera | Fresco | 40.22±5.5 | 0.77±0.2 |
| | Seco 35°C | 31.75±3.3 | 0.78±0.3 |
| | Seco 45°C | 27.35±1.6 | 0.51±0.03 |
| Zipaquirá | Fresco | 40.37±3.7 | 0.21±0.08 |
| | Seco 35°C | 32.79±2.0 | 0.22±0.08 |
| | Seco 45°C | 28.75±1.4 | 0.17±0.04 |

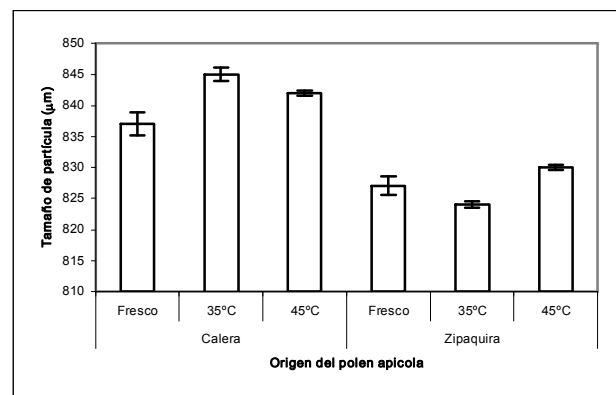


Figura 3. Tamaño de partícula del grano de polen de acuerdo a su zona de origen y tratamiento

Figure 3. Mean particle size of the bee-pollen grain according to the origin zone and treatment

3.6 Índice de solubilidad

El índice de solubilidad muestra como se disuelve un material con respecto al tiempo. El polen tiene un alto índice de solubilidad, ya que las muestras analizadas presentaron un tiempo de disolución cercano a los 50 s. El comportamiento del índice de solubilidad para el polen de la Calera se presenta en la Figura 4. Los resultados obtenidos muestran que la

solubilidad de este polen a las dos temperaturas es similar, siendo levemente mayor a 35°C, posiblemente por las características del polen deshidratado a dichas condiciones. Por otro lado, los resultados del índice de solubilidad para el polen de Zipaquirá se presentan en la Figura 5 y no se observa ninguna diferencia apreciable para las dos temperaturas estudiadas. Al comparar el polen procedente de las dos zonas, se aprecia un valor de solubilidad mayor para el polen de Zipaquirá debido posiblemente a que este polen presenta un menor tamaño de partícula con respecto al polen de la Calera, facilitando su disolución en agua a temperatura ambiente. El índice de solubilidad se afecta por la estructura física de la matriz del producto, lo cual está relacionado con su capacidad de absorción de agua en la fase inicial de la solubilización.

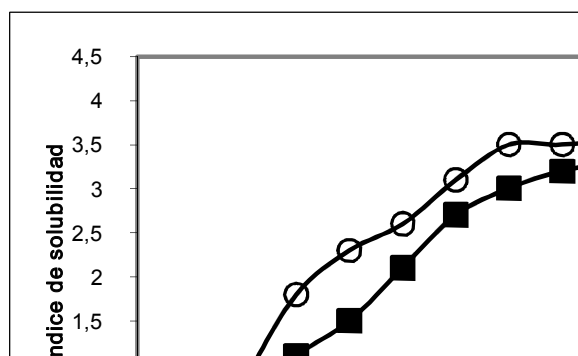


Figura 4. Índice de solubilidad de polen seco de la zona de la Calera

Figure 4. Solubility index of dried bee-pollen from Calera zone

4. CONCLUSIONES

Los contenidos de proteína (28%), fibra (0,4%) y ceniza (2-3%) del polen apícola no se afectaron por la temperatura de secado. A mayores temperaturas de secado se obtienen menores tiempos de secado, contenidos de humedad y actividades de aguas. El contenido de carotenos del polen de la Calera (0.7 mg carotenos/ g polen) fue mayor con respecto al polen de Zipaquirá (0.2 mg carotenos/ g polen), posiblemente por la flora de recolección de las abejas en cada zona. No se encuentran diferencias significativas entre la cantidad de carotenos del polen fresco y el polen seco a

35°C; sin embargo, se observa una disminución de éste en el polen seco a 45°C, principalmente el de la Calera. Por otra parte, el contenido de vitamina C disminuyó al aumentar la temperatura de secado, pero no existen diferencias significativas entre zonas, por consiguiente se puede afirmar que la cantidad de vitamina C en el polen seco se afecta principalmente por la temperatura de secado y no por su procedencia. La solubilidad del polen de la Calera fue menor que la de Zipaquirá debido a que este último presenta un menor tamaño de partícula facilitando su disolución en agua a temperatura ambiente.

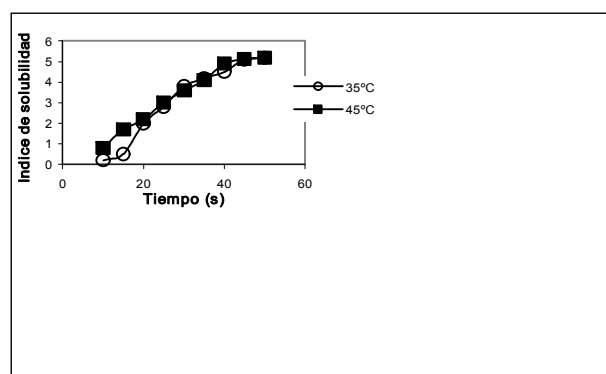


Figura 5. Índice de solubilidad del polen seco de la zona de Zipaquirá

Figure 5. Solubility index of dried bee-pollen from Zipaquirá zone

Las mejores condiciones de secado del polen apícola no se determinaron claramente. El secado a 45 °C tiene menor tiempo de proceso, contenido de humedad y actividad de agua, pero mayores pérdidas en cuanto al contenido de carotenos y vitamina C. Se recomienda evaluar más temperaturas de secado y polen de diferentes regiones del país, para determinar con mayor exactitud las condiciones más apropiadas y el efecto de su procedencia. Para futuras investigaciones se sugiere: medir la porosidad de las muestras de polen debido a que esta propiedad afecta la velocidad de secado y el índice de solubilidad, completar el análisis del comportamiento de secado evaluando el coeficiente efectivo de difusión mediante la aplicación de la ley de Fick, y mejorar los métodos de determinación de proteína (aminoácidos) y grasa (ácidos grasos).

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen la ayuda de las empresas APIARIO LOS CÍTRICOS y APÍCOLA SAN JOSE, por el suministro del polen fresco, de igual forma se agradece la ayuda proporcionada por la UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO para desarrollar este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). La cadena de abejas y apicultura en Colombia. Available: http://www.agrocadenas.gov.co/Apicultura/documentos/caracterizacion_abejas.pdf (fecha de consulta 15 de febrero de 2007), 2006.
- [2] MARTÍNEZ, T. Diagnóstico de la actividad apícola y la crianza de abejas en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Bogotá D.C., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2006.
- [3] SALAMANCA-GROSSO, G., PÉREZ-FIGUEREDO, C.R., VARGAS, E.F. Origen botánico, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del polen colectado en algunas zonas apícolas de la campiña de Boyacá. II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria. V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Barcelona, España, 2008.
- [4] SALAMANCA-GROSSO, G., HERNÁNDEZ-VALERO, E., VARGAS, E.F. El polen en el sistema de puntos críticos, cosecha, propiedades y condiciones de manejo. Available: http://www.beekeeping.com/articulos/salamanca/polen_apicultura (fecha de consulta 15 de febrero de 2007), 2007.
- [5] REY, M. Apicultura. Editorial Unisur, Bogotá, Colombia, 1992.
- [6] DEL RISCO. Notas de apicultura. Revista y Portal. Available: www.apicultura.entup.com/nuestrarevista/nueva/notas/polen_cosecha_conservacion. (Fecha de consulta 20 de mayo de 2007), 2001.
- [7] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Changes in Official Methods of Analysis. In: Official Methods of Analysis. 15 th ed. AOAC. Arlington, VA, 1998.
- [8] GEANKOPLIS, C. Proceso de transporte y operaciones unitarias. 3ª Edición. Editorial CECSA, México, 1998.
- [9] BERNAL, I. Análisis de alimentos. 3ª Edición. Editorial Guadalupe, Bogotá, Colombia, 1998.
- [10] MEDA, L., RATTI, C. Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures, *Journal of Food Process Engineering*, 28, 233-246, 2005.
- [11] ZHANG, D., MOORE, W. R. Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties, *Journal of Food Science and Agriculture*, 74, 490-496, 1997.
- [12] ENSOR, W., OSLON, H., COLENBRANDER, V.F. A report. Committee on classification of particle size in feedstuffs, *Journal of Dairy Science*, 53, 89, 1979.
- [13] CASP, A., ABRIL, J. Procesos de conservación de alimentos. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, 1999.
- [14] BADUI, S. Química de los alimentos. 4ª Edición. Editorial Pearson, México, 2006.
- [15] ROGALA, R., SYMAS, B. Nutritional value for bees of pollen substitute enriched with synthetic amino acids, *Journal of Apicultural Science*, 48, 19-27, 2004.

[16] ALMEIDA-MURADIAN, L.B., PAMPLONA, L.C., COIMBRA, S., BARTH, O.M. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 105–111, 2005.

[17] HUMAN, H., NICOLSON, S.W. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae), *Phytochemistry*, 67, 1486-1492, 2006.

[18] ROULSTON, T.H., CANE, J.H. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant System Evolution*, 222, 187-209, 2000.

[19] FENNEMA, O. *Química de los alimentos* 2^{da} Edición. Editorial Acribia, Madrid, España, 2000.

[20] MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J., VICARIO, I.M., HEREDIA, F.J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 54(2), 209-215, 2004.