

**Efecto del tiempo de secado en las
características fisicoquímicas, microbiológicas
y sensoriales del polen de abejas cosechado en
El Paraíso, Honduras**

Diana Lucinda Castillo Patiño

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del tiempo de secado en las
características fisicoquímicas, microbiológicas
y sensoriales del polen de abejas cosechado en
El Paraíso, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Diana Lucinda Castillo Patiño

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2015

Efecto del tiempo de secado en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del polen de abejas cosechado en El Paraíso, Honduras

Presentado por:

Diana Lucinda Castillo Patiño

Aprobado:

Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Mayra Márquez, Ph.D.
Asesora

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto del tiempo de secado en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del polen de abejas cosechado en El Paraíso, Honduras

Diana Lucinda Castillo Patiño

Resumen: El secado es uno de los métodos más antiguos utilizado por el hombre para la conservación de los alimentos y también se ha usado con la finalidad de reducir el peso y volumen de los mismos, lo que representa ahorro en el costo de envasado, transporte, almacenamiento y distribución. El objetivo del estudio fue determinar el efecto del tiempo de secado en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del polen de abejas cosechado en El Paraíso al oriente de Honduras. El diseño experimental utilizado fue un Diseño Completo al Azar (DCA) con tres tratamientos que corresponden al tiempo de secado (cero, uno, tres y cinco horas) y tres repeticiones. Durante cada repetición se analizaron propiedades fisicoquímicas (pérdida de peso, pH, porcentaje de humedad y color), recuentos microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras) y se realizó evaluación sensorial mediante una prueba de aceptación de los atributos de apariencia, color, aroma y aceptación general del polen. Se concluyó que el tiempo de secado sí influye significativamente en las características fisicoquímicas ya que disminuye el porcentaje de humedad y aumenta la pérdida de peso, el pH y la aceptación del atributo de apariencia del polen.

Palabras clave: Coliformes, color, humedad, mesófilos aerobios, pH.

Abstract: Drying is one of the oldest methods used by humans for food preservation and has also been used in order to reduce their weight and volume, which represents cost savings in packaging, transportation, storage and distribution. The aim of the study was to determine the effect of drying time in the physicochemical, microbiological and sensory properties of bee pollen harvested in El Paraíso, Honduras. A Complete Randomized Design (CRD) with three treatments for the drying time (0, 1, 3 and 5 hours) and three repetitions were used. Physicochemical properties (weight loss, pH, moisture and color), microbiological counts (total coliforms, mesophilic aerobic, fungi and yeasts) and sensory attributes were evaluated. Sensory evaluation was performed using an acceptance test to measure appearance, color, aroma and general acceptance of pollen. Conclusions indicated that drying time significantly influenced the physicochemical characteristics as humidity decreased and increased weight loss, pH and overall acceptance of pollen's appearance. In addition, it was found that the drying time did not influenced significantly the reduction of microbial counts of aerobic mesophiles, fungi and yeasts.

Key words: Aerobic mesophilic, coliforms, color, moisture, pH.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamientos.....	5
2. Resultados análisis fisicoquímicos: Pérdida de peso y humedad.	6
3. Resultados del análisis químico: pH	7
4. Resultados del análisis Físico: Color L* a* b*	8
5. Resultados de los análisis microbiológicos: Coliformes y mesófilos aerobios	9
6. Resultados de los análisis microbiológicos: Hongos y levaduras.	10
7. Resultados del análisis sensorial: Apariencia	11
8. Resultados del análisis sensorial: Color.	12
9. Resultados del análisis sensorial: Aroma	12
10. Resultado del análisis sensorial: Aceptación general.	13
Anexos	Página
1. Costo de la pérdida de peso del polen con el secado.....	20
2. Correlación entre las características fisicoquímicas y microbiológicas del polen ..	20
3. Correlación entre las características fisicoquímicas y sensoriales del polen.	21
4. Estructura utilizada para secar el polen en el horno a 45 °C	22

1. INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad que produce beneficios a la agricultura y al ambiente, el trabajo de polinización natural que realizan las abejas incrementa la productividad de los sistemas agrícolas y la biodiversidad. La mayor parte de los apicultores de Centroamérica se han enfocado a la producción de miel y poco o nada aprovechan los otros productos de la colmena como el polen, propóleos, cera, jalea real y veneno (Molina 2010).

El polen es un polvillo producido por los órganos masculinos de las plantas recogido por las abejas con su boca, humedecido con néctar, dándole forma de pequeños granos y posteriormente es cosechado por los apicultores para su consumo y comercialización (Monroy 2013). Científicamente se ha comprobado que el polen apícola, es un alimento que contiene nutrientes como proteínas (aminoácidos), carbohidratos (azúcares reductores, polisacáridos, almidón, fibra dietaria), lípidos (ácidos grasos), compuestos minoritarios como minerales y vitaminas (hidrosolubles y liposolubles) y algunos compuestos bioactivos necesarios para los humanos, como un apoyo completo a la vida (Thomas 2004).

Las abejas producen dos tipos de polen, el que se conserva en los panales y otro en forma de granos que queda atrapado en las trampas o caza polen y el cual es consumido por los humanos (León 2009). La cosecha del polen se debe realizar tomando en cuenta ciertos factores como la salud de la colmena, el número de individuos y la disponibilidad de alimentos, ya que la falta de polen influye en el tamaño y en la vida de las abejas mientras el exceso ocupa espacio de las crías, aumentando así el riesgo de enjambrazón y disminución de la postura. (Apicultores 2014).

El polen puede ser comercializado recién cosechado o luego del proceso de secado; sin embargo el polen recién cosechado requiere un proceso de conservación a bajas temperaturas entre 5 °C a 10 °C para evitar su deterioro (Ortiz *et al.*, 2009). El secado de polen es esencial para disminuir el contenido de agua libre logrando que las reacciones y el deterioro microbiano sean mínimas, permitiendo conservar el producto a temperatura ambiente, facilitando así su comercialización por mayor tiempo en anaquel (Ulloa *et al.*, 2010). Sin embargo con el secado, los alimentos pueden sufrir cambios en sus características físicas, químicas y sensoriales, uno de los cambios físicos más comunes que los alimentos sufren durante el secado es la reducción de volumen debido a los cambios microestructurales y el encogimiento de las partículas (Djendoubi 2012).

Estudios realizados en polen sugieren estudiar la temperatura y el tiempo de secado adecuado para conservar los atributos y la calidad nutritiva intacta. Navarro (2013) concluye que el tipo de secador (horno y solar) no influye en las características sensoriales, pero si interviene en el color y la humedad final del polen.

Así mismo Callejas (2006) realizó un proceso de secado de polen hondureño en un horno a 40 °C en un tiempo de dos a cuatro horas y determinó que el polen hondureño presentó valores superiores a los límites establecidos para el contenido de carbohidratos, proteínas, cenizas y humedad, además indicó que de acuerdo con las especificaciones microbiológicas todas las muestras cumplieron con el límite para mesófilos, pero exceden el recuento de mohos y levaduras y coliformes totales definidos en las normas de referencia.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de estudios realizados con polen de abejas, fueron enfocados en la evaluación de los sistemas y tipos de secadores, el presente estudio para polen es de importancia para la industria apícola porque generó información sobre el tiempo de secado adecuado y relevante para la conservación de las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del polen de abejas.

En este estudio los objetivos planteados fueron:

- Determinar del efecto del tiempo de secado en las características fisicoquímicas, y sensoriales del polen de abejas.
- Determinar del efecto del tiempo de secado en la calidad microbiana del polen de abeja cosechado en El Paraíso, Honduras.
- Comparar de los resultados microbiológicos obtenidos con los límites legales señalados en la norma salvadoreña para el polen de abeja.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. Las muestras de polen fueron recolectadas en el Departamento de El Paraíso en febrero del 2015. Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LAMZ) y los análisis sensoriales en la Planta Apícola (PA). Estos laboratorios pertenecen al Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, ubicada a 32 km. Al este de Tegucigalpa, Honduras.

Toma de muestra. Una vez recolectado el polen fue almacenado en refrigeración y de dicho producto se obtuvieron muestras al azar para posteriormente ser analizadas. El tamaño de muestra fue de 200 g de polen por tratamiento. Las muestras de polen se colocaron en frascos de vidrio para evitar que el producto absorba humedad del ambiente y evitar alteraciones en sus características.

Secado de muestra. Esta operación se realizó en la Planta Apícola de Zamorano y se utilizó el horno deshidratador de alimentos, Excalibur 3900 series. Se colocó una lámina de papel encerado sobre la bandeja con malla plástica, para evitar el contacto directo del polen con la bandeja (Anexo 4). Luego sobre el papel encerado, se colocó una capa fina de polen de 1 cm de grosor, a fin de que el secado sea lo homogéneo. La temperatura de secado fue de 45 °C y el tiempo de secado de las diferentes muestras fue de uno, tres y cinco horas según el tratamiento.

Pérdida de peso. Este parámetro fue expresado en porcentaje (%) y se utilizó el método señalado por la Norma del Codex Stan 249, empleado para fideos y cereales (Codex Stan 2006) (Ecuación 1).

$$(\%) = (P_i - P_a / P_i) * 100. \quad [1]$$

En donde:

P_i: peso inicial de la muestra

P_a: peso actual de la muestra

Análisis del porcentaje de humedad. Se utilizó el método señalado en el Codex Alimentarius, basado en el AOAC Internacional N° 969.38 (1992). Se pesaron las muestras en la balanza analítica OHAUS (BAL-07), 3 ±0.005 g y se colocaron las muestras en los crisoles para ser trasladadas al horno a 105 °C (Fisher Scientific) por 24 horas. Se pesaron nuevamente las muestras y los resultados de humedad se expresaron en porcentaje (%). (Codex Alimentarius 2000) (Ecuación 2).

$$(\%) = (C+MH)-(C+MS) / (C+MH)-(C) * 100. \quad [2]$$

En donde:

C: Crisol Seco

C + MH: Crisol + Muestra Húmeda

C + MS: Crisol + Muestra Seca

Análisis de pH. Se utilizó el procedimiento descrito en los métodos oficiales de análisis de la AOAC International: método número 981.12 (AOAC 2005).

Análisis de color. Se realizó utilizando el colorímetro marca Hunter L*a*b* modelo Color Flex (LAA-I-001-004), donde el espacio de color es rectangular de tres dimensiones, basado en la teoría de los colores opuestos. Cada lectura obtenida da un valor para cada eje, lo cual puede detectar las diferencias de la muestra en su coloración, claridad y tonalidad. En la escala de triple estímulo (L* a* b*); el eje L* mide luminosidad en una escala de 0-100 (0= oscuro y 100= claro), el eje a* mide la tendencia del color al rojo (positivo) y verde (negativo) y el eje b* mide la tendencia de color al amarillo (positivo) y azul (negativo) (HunterLab 1996).

Análisis Microbiológicos. Se realizaron recuentos de los microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras. Para realizar los recuentos se efectuaron los métodos convencionales de vertido en placa indicados en el Bacteriological Analytical Manual (Olsen *et al.*, 1998). Para los recuentos de mesófilos aerobios se utilizó el método explicado en el capítulo 3 del BMA (Maturin y Peeler 2001). Para analizar coliformes totales, se utilizó el método de numeración de coliformes totales señalado en el capítulo 4 del BMA (Feng *et al.*, 2002). Mientras que para la determinación de hongos y levaduras se utilizó el método para recuento de mohos filamentosos y levaduras señalado en el American Public Health Association (APHA 2001).

Los resultados microbiológicos obtenidos, se compararon con los parámetros legales señalados en la Norma Salvadoreña (2004), emitida por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Análisis sensorial. Se realizó una evaluación sensorial de aceptación basada en la evaluación de los atributos de apariencia, color, aroma y aceptación general. Se usó una escala hedónica de nueve puntos, donde uno corresponde a me disgusta extremadamente y nueve corresponde a me gusta extremadamente. Para este análisis se contó con la colaboración de 50 panelistas no entrenados a quienes se les entregó las muestras de polen al azar para evitar sesgo entre los panelistas.

Diseño Experimental. Se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), donde se evaluó el tiempo de secado con cero, uno, tres y cinco horas, los cuales corresponden a los tratamientos en el estudio a una temperatura de 45 °C. Se realizaron tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales (cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Tiempo de Secado (h)	Tratamientos
0	TRT 1
1	TRT 2
3	TRT 3
5	TRT 4

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA), usando un modelo lineal (GML) del programa de evaluación estadístico SAS (Statistical Analysis System, 9.3). Se utilizó una separación de medias DUNCAN.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físicos y químicos

Pérdida de peso. En el cuadro 2, podemos observar que los tratamientos presentaron diferencias significativas en relación al porcentaje de pérdida de peso durante el secado ($P < 0.05$). Las muestras con más tiempo de secado presentaron una mayor pérdida de peso sin embargo, estadísticamente las muestras con tres y cinco horas de secado son iguales.

Podemos encontrar que la pérdida total de peso/ hora del polen durante la primer hora es mayor, debido a que inicialmente la superficie sólida está cubierta por una capa de líquido (agua libre), fácil de remover. Pero a medida que aumenta el tiempo de secado la fracción líquida del sólido disminuye y tarda más en subir el agua que en evaporarse de la superficie, ya que dicha agua (agua químicamente ligada) se encuentra entre las paredes del alimento y tiene que atravesar toda la estructura para salir (Boucher 1992).

Independiente del tiempo de secado no se obtuvieron diferencias estadísticas en la humedad del polen sin embargo hubo pérdida de peso según el tratamiento que recibía la muestra, encontrando que con tres y cinco horas de secado, se pierde 3.50 y 4% del producto. Lo anterior, genera una pérdida económica de L. 6.99 y L. 7.99, por libra de polen respectivamente.

Cuadro 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos: Pérdida de peso y humedad.

Tiempo de secado (h)	Pérdida de peso	Humedad
	(%) \pm DE	(%) \pm DE
0	0*	12.37 \pm 4.61 ^A
1	2.33 \pm 0.29 ^B	10.16 \pm 4.42 ^B
3	3.50 \pm 0.50 ^A	09.84 \pm 3.87 ^B
5	4.00 \pm 1.00 ^A	10.23 \pm 4.56 ^B
C. V (%)	11.92	5.29

^{A-B} Medias seguidas de letras distintas indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

Humedad (%). En el cuadro 2, se muestra que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas en la medición de humedad del polen ($P < 0.05$). Independiente

del tiempo de secado, no hubo diferencias en el contenido de humedad de las muestras que fueron sometidas a dicho proceso.

Investigaciones realizadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el (2014), indican que la reducción del contenido de humedad del polen es un factor clave para su conservación, por lo que se debe manejar valores entre 4 y 8%, ya que valores mayores al 8%, vuelven al polen susceptible a la proliferación de microorganismos y abajo del 4% pueden presentarse olores y sabores desagradables a enranciamiento por oxidación de las grasas del polen.

A pesar que existió reducción del contenido de agua, todos los tratamientos sobrepasaron el límite de humedad permitido por la norma salvadoreña (Max 4%), pues en el estudio la humedad mínima alcanzada fue de 9.84%. Munitaegui *et al.*, (1993), afirman que el contenido de agua en el polen es influenciada por varios factores como el diseño y colocación de la trampa, intervalos de recolección, el proceso de secado y almacenamiento posterior.

Por su higroscopicidad el polen apícola se altera con facilidad, lo que hace necesario un adecuado tratamiento y manipulación, ya que cuando es expuesto a la temperatura de secado empieza a perder humedad y deshidratarse, así mismo cuando la temperatura se disminuye (proceso de enfriado) se genera una gradiente de absorción de agua y el polen empieza a absorber humedad del ambiente, esto es más evidente en lugares con humedad relativa superior al 60% (Munitaegui *et al.*, 1993).

Análisis de pH. En el cuadro 3, podemos ver que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la medición del pH ($P < 0.05$). El tratamiento sin secado presentó menor pH, por ende el tiempo de secado si influyó en dicha propiedad del polen de abejas, además, podemos ver que todas las muestras presentaron valores ácidos, una de las posibles causas puede ser porque el pH del polen varía dependiendo de la diversidad botánica, la madurez, variaciones estacionales, la región geográfica, las prácticas de manejo antes y después del procesamiento y el mantenimiento del mismo (Prado 2005).

Cuadro 3. Resultados del análisis químico: pH.

Tiempo de secado (h)	Media \pm DE
0	4.57 \pm 0.13 ^B
1	4.61 \pm 0.16 ^A
3	4.60 \pm 0.14 ^A
5	4.60 \pm 0.14 ^A
C. V (%)	0.28

^{A-B} Medias seguidas de letras distintas indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar.

Independientemente del tiempo de secado, todos los tratamientos cumplieron con la norma salvadoreña, permaneciendo dentro del rango permitido pH: 4 a 6 (CONACYT 2004). Aunque los tratamientos se mantienen dentro de la norma salvadoreña, los valores de pH obtenidos no significan un impedimento para el crecimiento microbiano (Cuadro 3). De acuerdo a Baldi *et al.* (2004), los valores de pH entre cuatro y seis, no frenan el crecimiento de los microorganismos hongos y levaduras, aun cuando hay una baja actividad de agua conseguida por el secado, ya que ciertas especies de hongos xerófilos y las levaduras osmotolerantes resisten actividades de agua menores a 0.60.

Análisis de color. El cuadro 4 muestra que los atributos de color en todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$). Herrera (2008), indica que el color del polen está muy ligado a la flora y vegetación de la que proviene, sin embargo el polen de diferentes especies de plantas puede tener el mismo color y viceversa, esta relación no ha sido explicada completamente. Es importante recalcar que aún con cinco horas de secado el polen no presenta cambios en su color natural.

Cuadro 4. Resultados del análisis físico: Color L* a* b*

Tiempo de secado (h)	L*±DE	a*±DE	b*±DE
0	51.29 ± 1.39 ^A	10.37 ± 1.01 ^A	41.6 ± 0.95 ^A
1	51.41 ± 1.43 ^A	10.13 ± 0.10 ^A	40.8 ± 1.96 ^A
3	50.91 ± 1.27 ^A	10.12 ± 0.24 ^A	40.48 ± 0.94 ^A
5	50.79 ± 1.47 ^A	9.97 ± 0.51 ^A	40.21 ± 0.55 ^A
C. V (%)	1.11	6.58	2.58

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales ($P>0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

Valor L* (0 a 100). Los tratamientos presentaron valores L* intermedios, lo que significa que el polen tiene tonalidades claras.

Valor a* (-60 = verde a +60 = rojo). Los tratamientos presentaron valores positivos que según el rango indicado corresponde al color rojo.

Valor b* (-60 = azul a +60 = amarillo). Los tratamientos para la medición de color en b*, presentaron valores positivos que corresponden al color amarillo respectivamente.

Podemos obtener un polen con colores desde amarillo claro hasta el color negro pasando por el malva, todas las tonalidades del marrón y verde. Se obtuvo polen con una coloración roja y amarillo, que está dentro de las especificaciones de la norma salvadoreña que establece las siguientes tonalidades: blanco, negro, amarillo, naranja, rojo, verde y violeta conforme al origen botánico (CONACYT 2004).

Análisis microbiológicos

Coliformes totales. El cuadro 5 indica que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), por lo que el tiempo de secado no afecta los recuentos de coliformes totales. Acorde a los resultados observamos que los tratamientos con cero, uno y tres horas de secado presentaron conteos que exceden los límites logarítmicos permitidos por la norma salvadoreña ($< 1 \log \text{ UFC/g}$) (CONACYT 2004).

Estudios realizados por Andino y Castillo (2010), demuestran que los microorganismos coliformes son sensibles a temperaturas altas y el tiempo de secado, por lo que su presencia después del proceso de secado, se debe a una contaminación posterior al secado (manipulación incorrecta), o que el tratamiento ha sido ineficiente. Además el mismo estudio señala que la eficiencia del secado en la reducción de microorganismos depende de la limpieza y calidad de la materia prima.

Cuadro 5. Resultados de los análisis microbiológicos: Coliformes y mesófilos aerobios.

Tiempo de secado (h)	Coliformes totales	Mesófilos aerobios
	Log UFC/g \pm DE	Log UFC/g \pm DE
0	1.99 \pm 0.51 ^A	3.93 \pm 0.10 ^A
1	1.79 \pm 1.01 ^A	3.44 \pm 0.32 ^A
3	2.06 \pm 0.62 ^A	3.06 \pm 0.64 ^A
5	< 1.0 [#]	3.29 \pm 0.53 ^A
C. V (%)	39.74	9.44

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales ($P > 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar.

= Indica ausencia en todas las repeticiones

Mesófilos aerobios. En el cuadro 6 podemos ver que los conteos de mesófilos aerobios no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Independientemente del tiempo de secado todos los tratamientos cumplieron con la norma salvadoreña, permaneciendo por debajo del límite logarítmico permitido ($< 4 \log \text{ UFC/g}$).

Andino y Castillo (2010), en su estudio afirman que la presencia de mesófilos después del proceso de secado, podría estar relacionada con tres factores, alta contaminación inicial de la muestra, (debido a la manipulación incorrecta), condiciones desfavorables del entorno e incorrecta aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura. Así mismo, Valderrama (1996), en su estudio destaca que la actividad microbiológica del polen de abejas depende del contenido de compuestos fenólicos, pH y A_w .

Hongos. Como se muestra en el cuadro 6, no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en el conteo de hongos ($P > 0.05$). Todos los tratamientos presentaron

conteos de hongos que exceden los límites logarítmicos de UFC permitidos por las normas salvadoreña (Max. 2.48 logUFC/g).

Las condiciones climáticas de la zona y de almacenamiento influyen grandemente en el crecimiento de los hongos y levaduras; a dichas condiciones se suman el tiempo de almacenamiento, temperaturas, contenido de humedad y las condiciones de manipulación durante los procesos de recolección, secado y análisis por parte del apicultor y el analista (Puig 2008). Los hongos más comunes en el polen de abejas son del género *Penicillium*, *Aspergillus carbonarius*, *Betisia alvei* (IICA 2004).

Podemos comprobar que el pH se relaciona inversamente con el recuento de hongos (C.V = 0.28 y P 0.953), ya que en las muestras con menor pH presentaron mayores recuentos, esto se debe a que los hongos poseen un potencial para crecer en alimentos con valores extremos de pH de uno a 11 (Morales 2007).

Cuadro 6. Resultados de los análisis microbiológicos: Hongos y levaduras.

Tiempo de secado (h)	Hongos	Levaduras
	Log UFC/g ±DE	Log UFC/g ±DE
0	4.22 ± 0.54 ^A	2.48 ± 0.50 ^A
1	3.95 ± 0.60 ^A	2.21 ± 1.40 ^A
3	3.71 ± 0.32 ^A	2.0 ± 1.30 ^A
5	3.63 ± 0.41 ^A	2.12 ± 1.24 ^A
C. V (%)	6.82	24.77

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales (P>0.05).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

Levaduras. El cuadro 6 muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en el conteo de levaduras (P>0.05). Todos los tratamientos independientemente del tiempo de secado cumplen con los límites logarítmicos permisibles de la norma salvadoreña (Max. 2.48 log UFC/g) (CONACYT 2004).

La presencia de levaduras después del tiempo de secado puede estar relacionada con la temperatura de secado utilizada (45 ° C), ya que a dicha temperatura las levaduras todavía desempeñan sus funciones. El funcionamiento de las levaduras se paraliza a partir de temperaturas desde 53 a 55 ° C y mueren a los 60 ° C (Sánchez y Pineda 2003). Según Leyva (2008), las condiciones ambientales y de almacenamiento favorecen al crecimiento de las levaduras; a estas condiciones se suman, el contenido de humedad y las condiciones de manipulación durante los procesos de recolección y secado.

Análisis sensoriales

Apariencia. En el cuadro 7 podemos observar que los tratamientos si presentaron diferencias significativas en la evaluación del atributo de apariencia ($P < 0.05$). Los tratamientos con mayor aceptación fueron los que tienen mayor tiempo de secado con una escala de siete, lo que significa que les gustó moderadamente a los panelistas.

Se encontró relación directa entre la apariencia y el color del polen, por ello los tratamientos que tuvieron mayor aceptación de color mostraron una mayor aceptación en atributo de apariencia ($C.V = 0.82$ y $P < 0.0001$). Lo anterior podría estar relacionado con el hecho de que el color, la forma, olor, sabor y textura, son factores determinantes de la apariencia del polen y otros alimentos (Soriano 2007).

Cuadro 7. Resultados del análisis sensorial: Apariencia.

Tiempo de secado (h)	media \pm DE
0	5.76 \pm 2.17 ^B
1	6.12 \pm 1.83 ^A
3	6.76 \pm 2.16 ^A
5	6.72 \pm 2.13 ^A
C. V (%)	21.22

^{A-B} Medias seguidas de letras distintas indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar.

El Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2014) indica que los panelistas deben tener un entrenamiento mínimo antes de realizar la evaluación sensorial y que estos deben gozar de buena salud y conocer el producto que estarán evaluando. Por lo tanto, la diferencia encontrada entre los tratamientos es atribuida a los panelistas, ya que estos no fueron entrenados ($P = 0.0001$).

Color. El cuadro 8 muestra que los panelistas dieron calificaciones de seis (me gusta levemente), para los tratamientos con cero y una hora de secado y dieron calificación de siete (me gusta moderadamente), para las muestras con tres y cinco horas de secado. A pesar de las calificaciones de los panelistas, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), en el atributo de color del polen.

Cuadro 8. Resultados del análisis sensorial: Color.

Tiempo de secado (h)	media \pm DE
0	6.16 \pm 1.88 ^A
1	6.28 \pm 1.95 ^A
3	6.80 \pm 1.73 ^A
5	6.64 \pm 2.08 ^A
C. V (%)	21.32

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales ($P > 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

De acuerdo a los resultados se determinó que el tiempo de secado no influyó en los cambios del atributo de color, pues los panelistas no percibieron cambios en la calidad del polen con o sin secado. El polen cambia su tonalidad de color conforme al origen botánico del cual proviene (Sarasola y Telleria 2003). Los consumidores a menudo tienden a relacionar el color con el sabor de los alimentos, por ello se atribuye que si el polen recibe un sobrecalentamiento en el proceso producirá un color oscuro y por ende un sabor amargo (Baldi *et al.*, 2004).

Aroma. Como se observa en el cuadro 9 no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en la determinación del atributo de aroma del polen ($P > 0.05$). Sin embargo, los panelistas dieron calificaciones de seis (me gusta ligeramente) para las muestras con cero y una hora de secado y dieron calificación de siete (me gusta moderadamente) a los tratamientos con tres y cinco horas.

Cuadro 9. Resultados del análisis sensorial: Aroma.

Tiempo de secado (h)	media \pm DE
0	6.20 \pm 2.25 ^A
1	6.40 \pm 1.94 ^A
3	7.0 \pm 1.98 ^A
5	6.92 \pm 1.87 ^A
C. V (%)	22.36

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales ($P > 0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

Una de las posibles causas por las que no se encontraron diferencias en el atributo de aroma del polen entre los tratamientos puede ser el panelista ($P>0.05$). El Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2014) en su estudio sugiere que el problema general del análisis de aroma es la desproporción existente entre las sensaciones y el vocabulario utilizable de los panelistas, que dificultan la comunicación sutil de las diferencias percibidas entre tratamientos o productos. Así mismo, Durán (2014), en su estudio destaca que al igual que el color del polen, el aroma depende de la especie botánica de la cual proviene y los aromas más característicos del polen son los frutales, madera, florales, frutas cítricas, resinoso y vegetales.

Aceptación general. En el cuadro 10 se muestra que los panelistas no detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al atributo de aceptación general del polen ($P>0.05$). Independientemente del tiempo de secado, el polen que fue sometido a dicho tratamientos recibió calificación mayor que el polen sin secado.

Cuadro 10. Resultados del análisis sensorial: Aceptación general.

Tiempo de secado (h)	media \pmDE
0	6.40 \pm 1.83 ^A
1	6.68 \pm 1.80 ^A
3	6.88 \pm 1.92 ^A
5	6.80 \pm 2.08 ^A
C. V (%)	17.11

^A Medias seguidas de letras iguales indican que los tratamientos son iguales ($P>0.05$).

C.V = Coeficiente de Variación

D.E = Desviación Estándar

Estudios realizados por Rodríguez (2008), afirman que una de las posibles causas por la que los panelistas no encontraron diferencias significativas en la aceptación del polen, es por el atributo de color, ya que el color es la primera sensación que se percibe y determina el primer juicio de calidad. En el estudio se entregaron muestras de polen multicolor, lo cual pudo confundir la percepción de los panelistas.

A pesar que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la aceptación general del polen (cuadro 10), se determinó que los tratamientos con más tiempo de secado recibieron una mejor calificación por los panelistas, es decir que alcanzaron un mayor grado de aceptabilidad. Castell (2001) Afirma que la aceptación general es el resultado de la interacción de los atributos físicos y organolépticos del alimento y el estado de salud, fisiológico y psicológico del consumidor en un momento determinado.

4. CONCLUSIONES

- El tiempo de secado de cinco horas disminuyó un 2% de humedad que equivale a un 4% de pérdida de peso del polen, con independencia del tiempo de secado el pH del polen se mantiene en 4.60.
- Se determinó que el tiempo de secado no influyó de manera significativa en la disminución de los conteos microbiológicos de mesófilos aerobios, hongos y levaduras.
- Se comprobó que las muestras de polen independientemente del tiempo de secado, sí cumplen con los límites logarítmicos de la norma salvadoreña, en los conteos de mesófilos aerobios, pero exceden en los recuentos de hongos y levaduras. Mientras que en los conteos de coliformes totales solamente la muestra con cinco horas de secado cumplió con los límites permisibles.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el tiempo de secado de cinco horas, ya que es el único tratamiento que presentó ausencia de coliformes totales y bajos recuentos de hongos y levaduras.
- Capacitar a los apicultores en los procedimientos de las Buenas Prácticas de la Apicultura para evitar la manipulación incorrecta del polen y asegurar la calidad del mismo.
- El analista debe tener cuidado en la manipulación de las muestras para evitar desviaciones en los resultados.

6. LITERATURA CITADA

American Public Health Association (APHA). 2001. Procedimiento para recuento de mohos y levaduras muestras de alimentos. Técnica de recuento en placa. Capítulo 20.

Andino, R. F y Castillo Y. 2010. Microbiología de los Alimentos. Un Enfoque Práctico para la Inocuidad de los Alimentos. Tesis Ing. Y M. Sc. En Bioquímica. Estelí. Universidad Nacional de Ingeniería UNE- Norte.

Apicultores, M. 1998. Producción de polen de eucalipto. Centroamérica. Editado por el INTA. 4 páginas.

Association of Analytical Communities (AOAC). 2005. Official methods of analysis 981.12. Quantitative Chemistry. pH of Acidified Foods. Association of Official Analytical Chemists.

Baldi, C. B., Grasso, D., Chaves, P. S y Fernández, G. 2004. Caracterización bromatológica del polen apícola argentino. Tesis de Ing. En Ciencias Exactas y Naturales y Tecnologías de Alimentos. Gualeguaychú, Argentina. Universidad Nacional Entre Ríos, Argentina.

Bouber, F. 1992. Tecnología Alimentaria Y Agroindustria Rural. Editado por la Biblioteca Orton IICA/CATIE el 09 de julio de 1992. Costa Rica. Edición No. 2.

Callejas, L. M. 2006. Desarrollo de la norma técnica para polen en Honduras. Tesis de Ing. Agroindustrial. Zamorano, Honduras. Universidad El Zamorano Honduras. 87 p.

Castell, E. 2001. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. Bases para la aceptación de los alimentos. Revista científica Arbor CLXVIII, 661. Consejo Superior de Investigación en España. 68-70 p.

Codex Alimentarius. 2000. Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comité del Codex Sobre los Azúcares. Norma para la Revisión del Codex para humedad de la Miel y Polen. Publicado el 11 de febrero del 2000. Londres y Reino Unido. Volumen 21. 38 p.

Codex Stan 249. 2006. Norma del Codex para fideos y cereales. Determinación de la pérdida de peso en los diferentes fideos y cereales. Publicada el 2006. 10 p.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2004. Reglamento Técnico Mercosur Para la Calidad del Polen de Abejas . San Salvador y Centro América. Integrado por representantes del Sector Productor, Gobierno, Consumidor y Académico. NSO 65.38.01:04.

Djendoubi, M. N. 2012. Food and Bioproducts Processing. Revista Science Direct. ScienceDirect TOP25 Hottest Articles, 433-441 p.

Duran, J. A. 2014. Diseño de un sistema de secado y separación de impurezas para polen apícola en Colombia. Tesis de p.H. D. en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 127 p.

Feng, P., Weagant, S., Grant, M y Burkhardt, W. 2002. Numeración de *Escherichia coli* y bacterias Coliformes. Bacteriological Analytical Manual. Edición N° 4. Revisado por la Administración de Alimentos y Drogas (FDA), en enero del 2015.

Herrera, P., Rodríguez, D y Carmona, J. 2008. Caracterización del polen apícola fresco recolectado en Cacute, en los Andes Venezolanos. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Versión ISSN. Volumen No.2. Caracas. 20 p.

HunterLab. 1995. Evaluation of the hunterlab colour measuring instrument. Hunterlab colour scale. 5 p.

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). 2014. Guía Práctica para el Control y la Evaluación de la Calidad de Miel y Polen . Bogotá : agosto. Desarrollo de un Modelo Productivo de Bebidas Fermentadas de Miel con Estrategia para Generar Valor en el Ámbito Característico de la Apicultura en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2004. Patología Apícola de Latinoamérica. Programa para el control de la Abeja Africana. Editado por Maualees Apícolas del IICA. 125 p.

León, E.2009. Tipos de polen de abejas y sus propiedades, Beneficios del polen para la salud. Revista Botánica-online. Lumosity. 8 p.

Leyva, V., Risco, C., Martino, T.K., Machin, M., Aportela, N., Hernández, I., Soto, P., Ferrer, Y., Reyes, M y Camejo, A. 2008. Determinación de Microorganismos Indicadores de la Calidad Sanitaria en Muestras de polen seco. Revista del Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos (INHA) y Centro de Investigación Apícola. 10 p.

Maturin, L y Peeler, J. 2001. Conteo de Aerobios mesófilos por el método convencional de vertido en placa. Capítulo 3 del Bacteriological Analytical Manual. Edición N° 8. Última actualización en julio del 2015 por la FDA.

Molina, D. 2010. Análisis de la Cadena de Valor Apícola de Honduras. Diagnostico y análisis del sector apícola. Editado por Esther Galeano y Marcos Vásquez. Tegucigalpa, Honduras. PYMERURAL Y PRONAGRO. 49 p.

Monroy, C.J. 2013. Efecto del tipo de Trampa y los días a cosechar en la producción de polen. Tesis Ing. Agronomo. Zamorano, Honduras. Universidad El Zamorano. 19 p.

Morales, C. A. 2007. Evaluación de cambios microbiológicos, pH, actividad de agua y color de tallarines instantáneos con vegetales y sabor a pollo bajo temperatura de deterioro acelerado. Tesis Ing. En Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. Universidad el Zamorano. 39 p.

Munitaegui, S., Sancho, T., Terradillos, Luciano y Lozano, J. 1993. Composición del polen apícola. La revolución de la abeja africanizada. Revista de Apicultura. N° 59. Nicaragua. 6 p.

Navarro, M. D. 2013. Evaluación de dos sistemas de secador y dos tiempos de secado en las características microbiológicas, físico-químicas y sensoriales del polen de abejas. Tesis de Ing. Agroindustrial. Zamorano, Honduras. Universidad El Zamorano Honduras.

Olsen, A., Caballero, S y Ziobro, G. 1998. Bacteriological Analytical Manual (BAM). Descripción de métodos para análisis de los diferentes microorganismos en el laboratorio. Edición N° 8. Revisión A. Administración de Alimentos y Drogas (FDA 119 p.

Ortíz, J.P., Martínez. T y Rodríguez. E. 2009. Evaluación del Efecto de la Temperatura en el Secado de Polen Apícola Proveniente de Dos Zonas de Cundinamarca. Tesis de Ing. De Alimentos y Zootecnista. Medellin, Colombia. Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Jorge Lozano. 10 p.

Prado, R.V. 2005. Caracterización físico-química y microbiológica del polen de abejas de cinco departamentos de Honduras. Tesis de Ing. Agroindustrial. Zamorano, Honduras. Universidad El Zamorano. 90 p.

Rodríguez, M. M. 2009. El color en los alimentos. Alimentos de color. Revista EROSKI CONSUMER. Vol. 2. 1-3 p.

Rodríguez, R. V. 2008. Bases de la Alimentación Humana. Parámetros de apariencia. Editado por Netbiblo en septiembre del 2008. España. 592 p.

Sánchez, T y Pineda, I. 2003. Proceso de elaboración de comidas y bebidas inocuas. Proceso de secado de los alimentos. Editado por Mundi-Prensa Libros. Madrid. 518 p.

Sarasola, B. M y Telleria, A. I.2003. Análisis del polen apícola recolectado durante los años 2002 y 2003 en los colmenares de estudio eco-etológico de Oñaty y Goizueta. Tesis Ing. Química Eco-etológica. Oñaty y Goizueta. Universidad Goizueta. 35 p.

Soriano, J. M. 2007. Micotoxinas en los alimentos. Factores que afectan los parámetros de calidad de los alimentos. Ediciones Días de Santos. España. 424 p.

Thomas, L. 2004. Guía de suplementos nutricionales, vitaminas y minerales . La Guía del viajero y Editoril AMAT 26 de mayo. 123 p.

Ulloa, J.A., Sanchez ,R y Fuetes, A. 2010. Importancia de la miel y el polen de abeja. Revista Fuente de de investigación Tecnológica de Alimentos de Calixto. ,México No.04. 18 p.

Valderrama, J. O. 1996. Informacion Tecnologica Apícola. Revista del Centro de Información Tecnologica.Volumen No2. 23 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la pérdida de peso de polen con el secado.

Tiempo de secado (h)	Pérdida de peso (%)	Gramos/lb	L./lb
0	0	0	0
1	2.33	10.44 ± 0.58 ^B	4.54
3	3.5	15.89 ± 1.00 ^A	6.99
5	4	18.16 ± 2.00 ^A	7.99

Anexo 2. Correlaciones entre las características fisicoquímicas y microbiológicas.

Pearson Correlation Coefficients, N = 12				
Prob > r under H0: Rho=0				
	Coliformes	Mesófilos	Hongos	Levaduras
T. de secado	-0.55261 0.0624	-0.48463 0.1103	-0.48054 0.1138	-0.13537 0.6749
P. peso	-0.4368 0.4453	-0.2199 0.4923	-0.38129 0.2214	-0.09797 0.762
Humedad	0.1899 0.5544	0.20666 0.5193	-0.59031 0.0433	0.79514 0.002
pH	0.15489 0.6308	-0.51942 0.0835	0.28026 0.3776	0.01536 0.9622
L	-0.34014 0.2793	-0.0972 0.7638	-0.27284 0.3909	-0.01898 0.9533
A	-0.40835 0.1875	0.15001 0.6417	0.27293 0.3907	0.12868 0.6902
B	-0.22036 0.4913	0.0225 0.9447	-0.35836 0.257	-0.25981 0.4148

Anexo 3. Correlaciones entre las características fisicoquímicas y sensoriales.

Pearson Correlation Coefficients, N = 106				
Prob > r under H0: Rho=0				
	Apariencia	Color	Aroma	A. general
P. peso	-0.00565 0.9619	-0.01654 0.8888	0.13596 0.2481	0.05277 0.6552
Hm	-0.09882 0.4022	-0.09177 0.4368	0.03076 0.7947	-0.04265 0.7182
pH	-0.08222 0.4862	-0.04783 0.6857	-0.05153 0.6628	-0.09966 0.3982
L	0.03191 0.7873	0.00216 0.9854	0.08684 0.4619	0.03051 0.7964
A	-0.07558 0.5222	-0.06694 0.5709	-0.03158 0.7894	-0.06565 0.5784
B	0.03337 0.7778	-0.00091 0.9938	0.07706 0.514	0.03027 0.798

Anexo 4. Estructura utilizada para secar el polen en el horno a 45 °C.

