

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MIEL DE ABEJAS
PROVENIENTE DEL SUROESTE ANTIOQUEÑO Y DE LAS CONDICIONES
NECESARIAS PARA SU LIOFILIZACIÓN**

ANDRÉS FELIPE OSPINA GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
MEDELLÍN**

2014

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MIEL DE ABEJAS
PROVENIENTE DEL SUROESTE ANTIOQUEÑO Y DE LAS CONDICIONES
NECESARIAS PARA SU LIOFILIZACIÓN**

ANDRÉS FELIPE OSPINA GONZÁLEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Directora

ANA MARÍA VELASQUEZ GIRALDO

Ingeniera Agroindustrial

Máster en política y en Administración Pública

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MEDELLÍN

2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Medellín, 07 de Julio de 2014

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es el resultado del tiempo de estudio invertido y de la dedicación y el esfuerzo que fueron necesarios para alcanzar un buen resultado. Cada uno de mis pasos ha sido guiado de manera extraordinaria por Dios, y es por eso que la consecución de esta meta no habría sido posible sin cada una de las bendiciones recibidas de su parte.

A mis padres, por el apoyo incondicional que siempre han demostrado brindarme, y por su esfuerzo para contribuir a mi desarrollo profesional.

Andrés Felipe Ospina González

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a mi directora Ana María Velásquez Giraldo por su apoyo y dedicación que siempre fueron evidentes en el proceso de esta investigación. De igual forma, a Robin Zuluaga Gallego porque como docente y codirector de este mismo trabajo, me ha aportado enseñanzas valiosas que serán de gran ayuda en mi desempeño como profesional.

En general a todos los docentes de la facultad de Ingeniería Agroindustrial porque de una forma u otra, cada uno de los conocimientos compartidos han contribuido a mi formación como profesional en esta área.

A todos mis compañeros de la carrera porque hacen parte fundamental de las experiencias y vivencias durante todo el proceso de estudio y de mi formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	16
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 Generalidades de la miel de abejas	17
1.1.1 Qué es la miel de abejas	17
1.1.2 Escenario de la miel en la historia	18
1.1.2.1 Aplicaciones de la antigüedad	18
1.1.2.2 La miel en la actualidad	20
1.1.2.3 La miel en Colombia	21
1.2 Productos que se desarrollan actualmente a base de miel de abejas	23
1.3 La liofilización	27
1.3.1 Recuento histórico	27
1.3.2 El concepto	28
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	33
2.1 Análisis para la caracterización del producto	33
2.1.1 Características químicas	34
2.1.1.1 Contenido de humedad	34
2.1.1.2 pH	36

2.1.1.3 Acidez	37
2.1.1.4 Actividad del agua	38
2.1.1.5 Contenido de azúcares en la miel	38
2.1.2 Características Físicas	40
2.1.2.1 Densidad	40
2.1.2.2 Rotación específica	41
2.1.3 Características sensoriales	42
2.1.3.1 Análisis sensorial	42
2.2 Proceso de la liofilización	46
2.2.1 Fase 1	46
2.2.1.1 Acondicionamiento de las muestras	46
2.2.1.2 Congelación	46
2.2.1.3 Liofilización	47
2.2.2 Fase 2	48
2.2.2.1 Acondicionamiento de las muestras	48
2.2.2.2 Congelación	48
2.2.2.3 Liofilización	48
CAPITULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
3.1 Análisis de las características químicas	50
3.1.1 Contenido de humedad	50
3.1.2 pH	51
3.1.3 Acidez	53
3.1.4 Actividad del agua	54

3.1.5 Azúcares contenidos en la miel	56
3.2 Análisis de las características físicas	57
3.2.1 Densidad	57
3.2.2 Rotación específica	58
3.3 Análisis de las características sensoriales	59
3.4 Perfil característico general de la miel de abejas proveniente del Suroeste Antioqueño	65
3.5 Relaciones entre los diferentes parámetros químicos, físicos, y sensoriales evaluados	67
3.6 Resultados del proceso de liofilización	70
3.6.1 Resultados de la Fase 1	70
3.6.2 Resultados de la Fase 2	76
3.7. Protocolo para la liofilización de la miel de abejas	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1. Representación gráfica de la historia de la liofilización

Gráfico 2. Diagrama de fases del agua donde se explica la sublimación del hielo

Gráfico 3. Distribución de frecuencia de la textura para 39 personas encuestadas

Gráfico 4. Distribución de frecuencia del sabor general para 39 personas encuestadas

Gráfico 5. Distribución de frecuencia de la aceptabilidad general para 39 personas encuestadas

Figura 1. Refractómetro de *Abbe* empleado para el análisis de la humedad en la miel

Figura 2. Potenciómetro o medidor de pH *Schott Lab 850*

Figura 3. Montaje elaborado para medir la acidez por titulación

Figura 4. Picnómetro *Blaubrand 43420* empleado para el análisis de la densidad

Figura 5. Miel liofilizada en polvo

Figura 6. Miel de abejas descongelada durante la liofilización

Figura 7. Montaje de liofilización efectuado

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Requisitos físico-químicos de la miel de abejas
- Tabla 2.** Toneladas de miel de abejas producidas en Colombia por año entre 1995 y 2011
- Tabla 3.** Productos que utilizan la miel de abejas como materia prima para su elaboración
- Tabla 4.** Descriptores del color
- Tabla 5.** Descriptores del aroma
- Tabla 6.** Descriptores de la textura
- Tabla 7.** Descriptores del sabor general
- Tabla 8.** Descriptores del sabor dulce
- Tabla 9.** Descriptores del sabor ácido
- Tabla 10.** Descriptores del sabor amargo
- Tabla 11.** Descriptores de la aceptabilidad
- Tabla 12.** Características físicas y químicas de ocho mieles del Suroeste Antioqueño
- Tabla 13.** Perfil sensorial de la miel de abejas evaluada, proveniente del Suroeste Antioqueño
- Tabla 14.** Ficha técnica de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño
- Tabla 15.** Guía técnica para la liofilización de miel de abejas

RESUMEN

La miel de abejas como principal producto de la apicultura en Colombia, no posee tecnificación en los procesos de obtención y procesamiento, impidiendo que se explote su verdadero potencial competitivo. Se trata de una materia prima que requiere de la implementación de ayudas tecnológicas y de características innovadoras en áreas como la producción y la transformación, con el fin de brindar a los productores apícolas un mayor rendimiento económico. De acuerdo a lo anterior, la liofilización ofrece la posibilidad de presentar este producto de manera novedosa. De esta forma, se busca con este trabajo, generar un valor agregado a la miel de abejas producida en el Suroeste Antioqueño.

Para cumplir con el objetivo anterior, se ha realizado una caracterización física, química, y sensorial de la miel de abejas de esta región con el fin de conocer sus características propias. Además, se han definido las condiciones para la liofilización de este producto.

Según los parámetros de caracterización evaluados, es posible presentar la miel de abejas del Suroeste Antioqueño como un producto de calidad en términos de la Resolución 1057 para la miel de abejas. Por otra parte, en relación al proceso de liofilización, fue posible obtener miel liofilizada en polvo en una dilución concentrada al 10% m/v, liofilizando y congelando por 48 horas.

Palabras clave: miel de abejas, liofilización, estabilizantes, caracterización, néctar floral.

ABSTRACT

Honey bee as the main product of beekeeping in Colombia, does not own modernization processes of production and processing, preventing its true competitive potential to be exploited. It is a raw material that requires the implementation of technological aids and innovative features in areas such as production and processing, in order to provide beekeepers higher economic performance. According to the above, the lyophilization offers the opportunity to present this product in a different way. Thus, this paper seeks to generate added value to the honey produced in Southwestern Antioquia.

To reach the above objective, a sensory, physical, and chemical analysis of honey bee has been realized in order to recognize its own characteristics around these topics. In addition, the ideal conditions for the lyophilization of this product have been defined.

According to the characterization parameters evaluated, it is possible to present honey bee of Southwestern Antioquia as a quality product in terms of Resolution 1057 for honey. Moreover, regarding the process of lyophilization, it was possible to obtain lyophilized honey powder in a concentrated dilution of 10% m/v, lyophilizing and freezing for 48 hours.

Key words: honey bee, lyophilization, stabilizers, characterization, floral nectar.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010) ha tenido en cuenta la cadena productiva de las abejas y la apicultura como una de las prácticas que impulsará la competitividad del sector agroindustrial en Colombia, a partir del mejoramiento de los procesos de investigación y del desarrollo tecnológico de dicha cadena.

Con una producción anual promedio entre los años 1995 y 2011, de 1.868 toneladas de miel de abejas según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, Food and Agriculture Organization por sus siglas en inglés), el sector de la apicultura en Colombia se encuentra estancando, a pesar de las alentadoras expectativas que revelan un aumento considerable en la demanda comercial. El consumo de miel per cápita en el país es de 35 gramos por año, cuya cifra es considerada muy baja en comparación con las metas de consumo recomendadas por la FAO, equivalentes a 1.000 gramos por cada habitante (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

Como ocurre con la gran mayoría de los sectores productivos en el país, la producción de miel y de los derivados de la colmena, enfrenta falencias significativas en la tecnificación de los procesos productivos y de transformación (Grupo de Investigaciones Agroindustriales GRAIN, Universidad Pontificia Bolivariana, 2009). Puntualmente para la apicultura que se desarrolla en el Suroeste Antioqueño, gran parte de los problemas a los que hace frente la miel de

abejas con respecto al desarrollo de productos innovadores, están justificados en el escaso uso de tecnologías de transformación. La incursión en el mercado con productos diferenciados a partir del aporte tecnológico resulta ser un factor trascendental, ya que al promover la calidad y el valor agregado con este tipo de operaciones, es posible cumplir de manera exitosa con los requerimientos más exigentes del consumidor; donde la tendencia creciente impulsa el uso de la miel como insumo para otros productos alimenticios y cosméticos (Montenegro, 2003), y paralelamente se desarrolla un interés general por los denominados productos naturales (Vera, 2006).

Teniendo en cuenta los recientes avances del Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), de la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo la línea de conservación y formulación de alimentos, una de las alternativas que podría romper con las limitaciones de mercado de la miel de abejas, impulsando este alimento como un producto diferenciado, es la liofilización. Mediante esta técnica de deshidratación es posible retener compuestos volátiles propios y característicos de determinados alimentos, que normalmente se pierden en otros procesos y que restan calidad al producto transformado (Ratti, 2001). Sin embargo, su implementación en este trabajo está más enfocada a lograr con el proceso, una presentación diferente e innovadora de la miel, que realce su valor, y pueda prepararla para múltiples procesos en la industria alimentaria, farmacéutica o cosmética.

Con la caracterización inicial que se realiza en este proyecto es posible conocer las características naturales de la miel producida en el Suroeste Antioqueño, para encontrar parámetros significativos a la hora de comercializar la miel, y adicionalmente, lograr la posibilidad de establecer comparaciones entre las diferentes mieles que se producen a nivel mundial.

Como contribución en el área del conocimiento, los resultados que se han obtenido en este trabajo pretenden profundizar en el estudio de la técnica de la liofilización, especialmente aplicada sobre soluciones concentradas de azúcares como jarabes, o en este caso en particular, sobre la miel de abejas. Son pocos los estudios que se conocen acerca de la implementación de esta técnica en este tipo de sustancias, y por tanto, se espera favorecer el alcance de investigaciones posteriores en este aspecto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las características de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño y las condiciones necesarias para su liofilización.

Objetivos específicos

- Caracterizar física, química y sensorialmente la miel de abejas proveniente del Suroeste antioqueño.
- Definir, a nivel de laboratorio, los parámetros de liofilización para la miel que será sometida al proceso.
- Construir una ficha técnica en base a las propiedades físicas, químicas, y sensoriales que caracterizan las muestras evaluadas de miel de abejas del Suroeste antioqueño.
- Desarrollar una guía técnica, a manera de protocolo, con el procedimiento realizado, las características, y los resultados encontrados en la liofilización de miel de abejas.

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades de la miel de abejas

1.1.1 Qué es la miel de abejas

“La miel, definida desde un punto de vista general para cualquier especie de abeja obrera que la produzca, se conoce como la sustancia dulce natural producida a partir del néctar floral de algunas plantas o de secreciones de partes vivas de éstas, y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias que luego se deposita y almacena en el panal para que madure y añeje” (NTC 1273; CODEX STAN 12-1981).

Este producto que se extrae directamente de la colmena de las abejas se compone de diferentes azúcares, principalmente glucosa y fructosa. Sin embargo, también se encuentran en ella otras sustancias como ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas derivadas de la recolección. El color de la miel es variante y puede presentarse como incoloro o hasta pardo oscuro. Su consistencia puede ser fluida, viscosa, total o parcialmente cristalizada. El sabor y aroma también son variantes pero en general se encuentran relacionados con el origen floral del cual proviene (CODEX STAN 12-1981). Los requisitos físico-químicos para este alimento, establecidos por la resolución 1590 de 2010 se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos físico-químicos de la miel de abejas.

Requisitos	Valores permisibles
Sólidos solubles en agua (%)	≤ 0,1 para miel diferente a la prensada ≤ 0,5 para miel prensada
Contenido de humedad (% m/m)	≤ 20 ≤ 21 para mieles de origen tropical
Contenido aparente de azúcar reductor, calculado como azúcar invertido (% m/m)	≥ 45 (miel de mielato) ≥ 60 (miel floral)
Contenido aparente de sacarosa (% m/m)	≤ 5 ≤ 10 para mieles de origen tropical
Contenido de sustancias minerales (cenizas % m/m)	≤ 0,6
Conductividad eléctrica (mS/cm)	≤ 0,8
Acidez libre (Meq. ácido/1000 g)	≤ 50
Índice de diastasa (escala Shade)	≥ 8
Contenido de hidroximetilfurfural (g/kg)	≤ 40 ≤ 60 para mieles de origen tropical
Determinación de metales pesados (Cu, Cr, Cd, Pb, Hg)	Los límites máximos permitidos serán los establecidos por el Ministerio de la Protección Social

Fuente: Ministerio de la Protección Social. Resolución número 1057 del 23 de Marzo del 2010, Bogotá. p.5.

1.1.2 Escenario de la miel en la historia

1.1.2.1 Aplicaciones en la antigüedad

Desde hace miles de años los hombres consumen los productos de las abejas, no solo con fines nutricionales sino por sus efectos curativos. De hecho, como el único endulzante disponible para la época, la miel constituía una fuente de alimento tan fundamental para el *Homo sapiens*, que este llegaba hasta el punto de arriesgar su vida para lograr obtenerla (Bogdanov, 2011).

A lo largo de la historia han sido muchas las evidencias encontradas que dejan constancia de la gran importancia y de los numerosos usos que se le han dado a

la miel, logrando en la mayoría de los casos, convertirse en un producto indispensable y de primera necesidad (Zandamela, 2008). En el antiguo Egipto por ejemplo, se han encontrado rastros de miel en las tumbas de los faraones, ya que por sus propiedades y cualidades como conservante ésta era utilizada comúnmente en los rituales de momificación para preservar a las momias; y además, considerada como un elixir particularmente poderoso, se la incluía entre los alimentos que los muertos se llevaban a la otra vida. De manera similar, los egipcios también conocían de su poder cicatrizante y medicinal, y la usaban como un ungüento para aplicar sobre llagas, quemaduras y heridas, o para tratar enfermedades del tubo digestivo, afecciones renales, entre otras. Por otra parte, en Grecia se conocía por sus propiedades antisépticas, tonificantes, diuréticas y calmantes. De hecho, formaba parte de la concepción mitológica griega, ya que la tradición enseñaba que Zeus había sido alimentado con miel durante sus primeros años de vida; de allí, que una mezcla de leche y de miel llamada *melikatron* constituía el primer alimento que se les daba a los niños griegos al terminar el proceso de lactancia materna. Igualmente, la miel fue considerada por muchas culturas como un símbolo de justicia, riqueza, virtud y dulzura, teniendo en cuenta que estaba reservada para personas elegidas y excepcionales. Particularmente para los romanos, su consumo era requerido para los senadores, soldados y gladiadores, quienes atribuían la fuerza y la energía a este alimento. Además, los perfumistas de Roma la empleaban para elaborar fragancias de buen gusto; y farmacéuticamente, para combatir dolencias de garganta, nariz, oído y pecho (Pardo, 2005).

1.1.2.2 La miel en la actualidad

El consumo de este alimento varía de país en país de acuerdo a las tradiciones culturales de cada región. En los mayores productores y exportadores como China y Argentina el consumo anual per cápita es pequeño, comprendiendo valores entre los 0,1 a 0,2 kg. Por el contrario, es elevado en países desarrollados donde la producción nacional no tiene la capacidad de suplir todos los requerimientos del mercado. En la Unión Europea por ejemplo, quien es un potencial importador y consumidor, la demanda anual per cápita varía en un valor medio de 0,3 a 0,4 kg en países como Italia, Francia y Dinamarca, hasta alcanzar un consumo alto de 1 a 1,8 kg en Alemania, Austria, Suiza, Hungría y Grecia (Bogdanov, 2011). La demanda per cápita en los países industrializados que se mencionan anteriormente, no refleja el consumo de miel sin procesar por cada persona, pero incluye una larga variedad de productos transformados en los que ésta se utiliza (Krell, 1996); como es el caso de los cereales, donde por su caramelización, dulzura, color, sabor, y viscosidad resulta un complemento ideal para su elaboración (Ojeda de Rodríguez, 2004). De igual forma, en países como México también se incluyen una amplia variedad de productos industrializados como leches endulzadas, yogurt, y dulces típicos que utilizan la miel como un edulcorante. Sin embargo, particularmente en los Estados Unidos, donde se consume más del doble de la miel que este país produce, su uso no solo se limita al sector de los alimentos y ha comenzado a cobrar gran importancia como insumo para la elaboración de cosméticos y limpiadores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

1.1.2.3 La miel en Colombia

Ocupando el puesto 70 en la producción de miel de abejas a nivel mundial según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), las toneladas por año que se producen de este alimento en Colombia han fluctuado entre las 1.136 y las 2.718 toneladas en el período comprendido entre los años 1995 y 2009 de acuerdo con datos obtenidos de la FAO, los cuales se muestran en la Tabla 2. Aunque estos valores son relativamente bajos en comparación con grandes productores como China y Argentina, donde en 2007 solo el 50% de la producción mundial estuvo liderada por estos dos países con 303.220 Ton/año y 81.000 Ton/año respectivamente, se espera que a partir de la transferencia de conocimiento y tecnología al interior de la cadena, se pueda incrementar la producción para el año 2019 y aprovechar la demanda de productos saludables y orgánicos como la miel natural, en mercados como Estados Unidos, Canadá y el Caribe Insular (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

En relación al consumo interno de miel y demás productos de la colmena, no constituyen una práctica que se desarrolle de manera reiterada en Colombia. Entre los factores más importantes que explican esta situación están la falta de seguridad que el consumidor tiene sobre la autenticidad de los productos y el poco conocimiento sobre los beneficios y bondades de los derivados de la apicultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010). Además, los patrones alimenticios provenientes de hábitos de consumo tradicionales, no tienen en cuenta a la miel como un elemento de uso amplio en la dieta de los colombianos;

por lo cual podría afirmarse que este alimento permanece significativamente subutilizado desde su producción hasta su comercialización, desde el punto de vista del consumo nacional. De esta manera, aún cuando en Colombia se demanda miel de abejas para consumo directo y en mayor medida como medicamento para enfermedades respiratorias y gripales (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010), se hace necesario evaluar estrategias de mercadeo de los productos apícolas, y sobre todo, incentivar la aplicación de características mejoradas o diferenciadoras en la miel de abejas, de tal forma que puedan transformarse los insumos en productos de alto valor agregado. Para esta necesidad en particular, el MADR ha definido la innovación en productos de las abejas como un aspecto trascendental dentro de su agenda de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de la apicultura en Colombia. Definida como la demanda 6 de los lineamientos tecnológicos, la generación de nuevos y diferentes productos con respecto a los que se ofrecen de manera tradicional en el mercado, constituye una labor que deben fomentar las instituciones académicas del país, y se convoca a la comunidad universitaria y científica para participar en la solución de este inconveniente para el crecimiento de apicultura a nivel nacional.

Tabla 2. Toneladas de miel de abejas producidas en Colombia por año entre 1995 y 2011.

Año	Toneladas producidas por año
1995	2.647
1996	2.718
1997	2.000
1998	2.000
1999	2.000
2000	2.050
2001	2.100
2002	2.100
2003	1.136
2004	1.428
2005	1.535
2006	1.550
2007	1.486
2008	1.500
2009	1.900
2010	1.800
2011	1.800

Fuente: Creación propia a partir de datos obtenidos de la División Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAOSTAT). Production Quantity. Honey, natural. Colombia. 2012.

1.2 Productos que se desarrollan actualmente a base de miel de abejas

El uso tradicional de la miel en las preparaciones alimenticias ha sido sustituido en la gran mayoría de los casos por el azúcar. Sin embargo, como parte de una apreciación que tiende a ser creciente en muchos países sobre los productos naturales, la miel ha vuelto a ser tenida en cuenta por los consumidores como un alimento valioso y un componente enriquecedor para algunos artículos de higiene y cuidado personal (Montenegro, 2003). De esta manera, es posible que los productos que anteriormente no se caracterizaron por tener un éxito importante en el mercado, adquieran con las nuevas tendencias, una participación más elevada. Algunos productos de nuevas tendencias se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Productos que utilizan la miel de abejas como materia prima para su elaboración

	Producto	Descripción	Empresa y lugar de comercialización ó elaboración	Característica diferenciadora
Uso alimenticio	<p>Barra energizante (Honey Stinger, 2011)</p>	<p>Está elaborada con un 30% de miel, 20% de la cantidad de proteína diaria recomendada, 22 vitaminas y minerales, calcio, antioxidantes, y saborizantes naturales. Puede ser consumida como snack entre las comidas, o como energizante durante la actividad física.</p>	<p>Honey Stinger, Estados Unidos</p>	<p>Uso de un elemento natural (miel) como materia prima para la elaboración del producto final.</p>
	<p>Miel en polvo (Miel Ceta, s.a.)</p>	<p>A través de un proceso de deshidratación de miel filtrada y pasteurizada se obtiene un producto de alta vida útil y alta estabilidad, con numerosas aplicaciones, ya sea como endulzante o transmitiendo el sabor clásico de la miel a rellenos, masas, etc.</p>	<p>Miel Ceta, Argentina</p>	<p>Nueva forma de presentación de la miel que rompe con los parámetros tradicionales. Es un sustituto de endulzantes artificiales o refinados.</p>
	<p><i>Honey Cacao</i> Cacao con miel (Epullen, s.a.)</p>	<p>Producto de agradable aroma a miel y cacao, donde se combinan sus cualidades naturales y su sabor, resultando una bebida como un chocolate o un granizado de chocolate y miel, al adicionar leche caliente o fría.</p>	<p>Epullen, Chile</p>	<p>Utiliza miel en polvo como uno de los ingredientes principales para obtener el producto.</p>

Producto	Descripción	Empresa y lugar de comercialización ó elaboración	Característica diferenciadora
<p>Crema de miel</p> <p>(Anna's Honey,1980)</p>	<p>También llamada mantequilla de miel, es un tipo de miel cristalizada que se ha procesado usando cambios de temperatura controlados, los cuales le dan al producto una textura cremosa.</p>	<p>Anna's Honey, Estados Unidos</p>	<p>Emplea la miel de abejas como insumo para la elaboración de un producto completamente natural, siendo un posible sustituto de la mantequilla de maní y las mermeladas.</p>
<p><i>Bee Bioactive Honey</i></p> <p>Miel de abejas bioactiva</p> <p>(Medibee, s.a.)</p>	<p>Es un alimento al cual se le atribuyen propiedades antibacteriales. Se encuentra científicamente comprobado para inactivar la E. coli entre otras bacterias. Al mismo tiempo, estimula el crecimiento de la flora intestinal.</p>	<p>Medibee, Gran Bretaña</p>	<p>Aunque se comercializa como alimento principalmente, también es de uso tópico para quemaduras. Ofrece propiedades funcionales importantes.</p>
<p>Jalea de vino con miel de abejas</p> <p>(Epullen, s.a.)</p>	<p>Producto que resulta de combinar el vino de la variedad Carmenere con los aromas y bondades de la miel, obteniendo una jalea de sabor y características gourmet.</p>	<p>Epullen, Chile</p>	<p>Complemento ideal en preparaciones innovadoras en platos fríos y calientes, dulces y salados.</p>

	Producto	Descripción	Empresa y lugar de comercialización ó elaboración	Característica diferenciadora
Uso farmacéutico o cosmético	<p>Mascarilla tensora, scrub de limpieza y exfoliante</p> <p>(Matok, s.a.)</p>	<p>Se trata de una mascarilla exfoliante y purificante que limpia la piel en profundidad, absorbe el exceso de grasa y elimina las impurezas y células muertas. Estimula la renovación de los tejidos, dejando la piel tersa y suave.</p>	<p>Matok, Argentina</p>	<p>Es un producto que utiliza la miel como complemento, mostrando un uso comercial que se diferencia de la manera tradicional como se ofrece la miel normalmente.</p>
	<p>Jabón natural</p> <p>(Pronara, s.a.)</p>	<p>Combina las propiedades antisépticas, bactericidas y reconstituyentes del propóleo, con el poder lubricante, activador y suavizante de la miel, y la acción emoliente y humectante de la sábila. Es indicado para curar y prevenir infecciones y mantener una piel limpia, suave y sana.</p>	<p>Pronara, México</p>	<p>Uso de un elemento natural (miel) como materia prima para la elaboración de un producto cosmético.</p>
	<p>Bálsamo para después de afeitarse</p> <p>(Honey Cosmetics, 1977)</p>	<p>Es un refrescante y nutritivo bálsamo para después del afeitado que ayuda a la piel a recuperarse después de esta operación. El efecto reparador de la miel deja la piel suave y confortable.</p>	<p>Honey Cosmetics, Gran Bretaña</p>	<p>Emplea la miel de abejas como un insumo natural para la elaboración de un producto con características reparadoras.</p>

Producto	Descripción	Empresa y lugar de comercialización ó elaboración	Característica diferenciadora	
	Shampoo Floramie (Apinal, 2011)	Es una formulación especial para alimentar y nutrir el cuero cabelludo, limpiando y dejando un brillo natural, y evitando la caspa y la caída del cabello. Está perfectamente balanceado para usarse en cualquier tipo de cabello.	Apinal, Colombia	Uso de un elemento natural (miel) como materia prima para la elaboración de un producto cosmético.
	Gel para la piel (Fundación Produce Yucatán, s.a.)	Se trata de un gel de consistencia espesa, de rápida absorción en la piel sin dejarla pegajosa, de una estabilidad de 90 días. Se obtuvo con una formulación de 30% de miel, 30% glicerina, 2% de carbopol y manitol y 0.5% de benzoato de sodio.	Fundación Produce Yucatán, México	Uso de un elemento natural (miel) como materia prima para la elaboración de un producto cosmético.

s.a. Sin año.

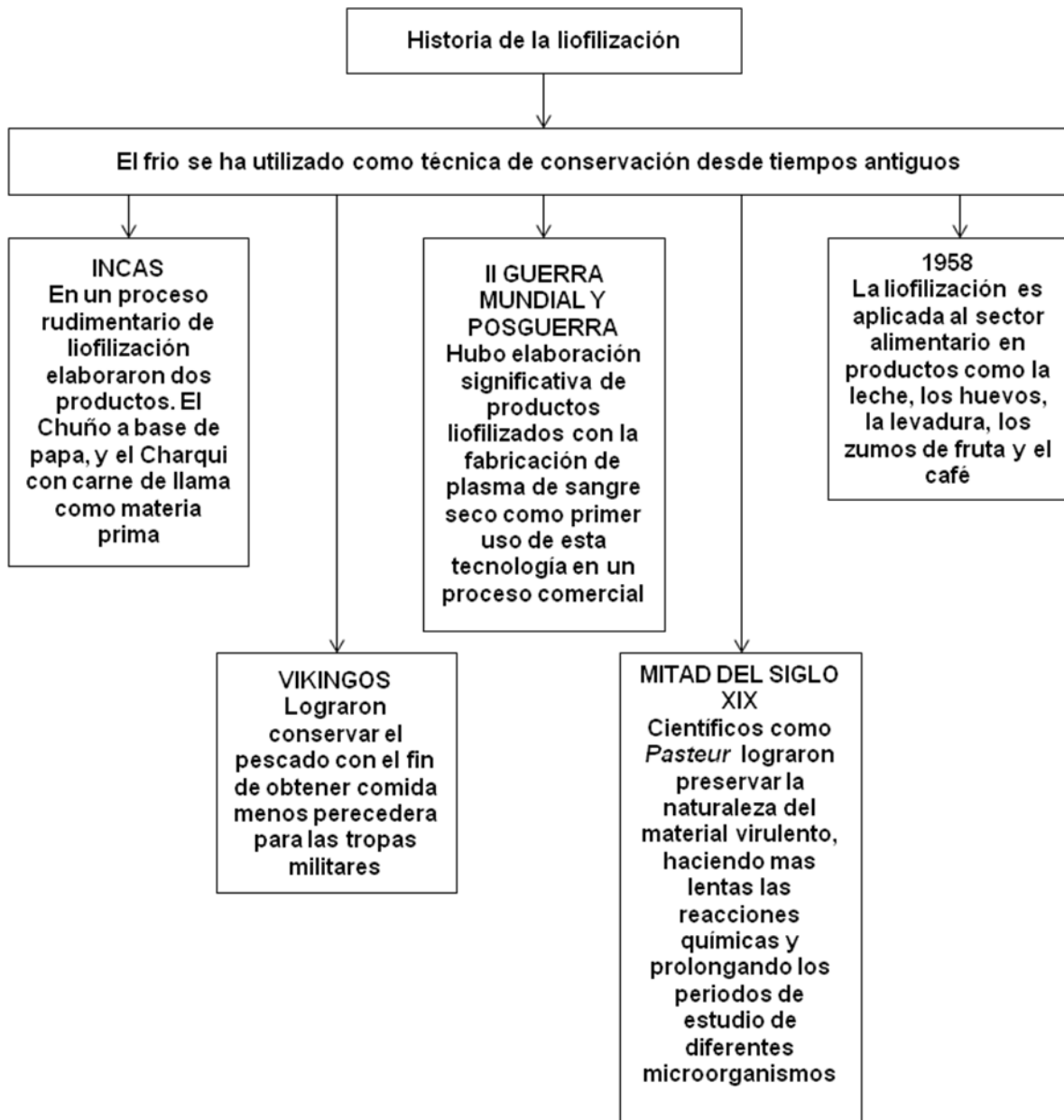
Fuente: Creación propia

1.3 La liofilización

1.3.1 Recuento histórico

Con el fin de presentar de manera clara el recorrido histórico en el que se ha desarrollado la técnica de la liofilización, se presentan en el Gráfico 1 los hechos más representativos que han dado lugar a la evolución de este procedimiento como un método de deshidratación en los alimentos.

Gráfico 1. Representación gráfica de la historia de la liofilización



Fuente: Creación propia a partir de información obtenida de Ramírez, 2006.

1.3.2 El concepto

La liofilización es un proceso de deshidratación que utiliza la congelación y el vacío como elementos determinantes para su aplicación. Hoy en día es una

técnica que cobra importancia en la industria alimentaria para el desarrollo de productos que deben conservar su sabor, olor, actividad biológica, entre otras propiedades; las cuales se pierden usualmente con operaciones convencionales de secado (Adelaide, 2004; Hammami, 1997). Así como define Ratti, los alimentos de alto valor son aquellos que sobresalen entre los demás por presentar características funcionales diversas o por su distinción en cuanto a propiedades organolépticas más acentuadas. Sin embargo, existen operaciones durante el procesamiento que pueden afectar la calidad del producto, hasta llegar el punto de generar reacciones bioquímicas indeseables, deteriorar compuestos aromáticos, o degradar sustancias nutricionales (Ratti, 2001). En el caso de la liofilización, la ausencia de agua en estado líquido cuando el producto es procesado, y las bajas temperaturas empleadas durante la operación reducen el deterioro y las reacciones indeseadas que pueden presentarse (Liu, 2008).

Durante la liofilización, el solvente, que en este caso sería el agua, se remueve del material sólido congelado o de la solución congelada por sublimación, la cual ocurre cuando el agua congelada pasa directamente al estado gaseoso sin tener que pasar por el estado líquido. En este proceso se distinguen tres etapas fundamentalmente: congelación, deshidratación principal, y deshidratación secundaria (Velardi, 2008). A continuación se hace una breve descripción de cada etapa con el fin de comprender la operación de manera más precisa:

a. Congelación: según (Adelaide, 2004), el desempeño del proceso de liofilización en general depende en gran medida de la forma como se lleva a

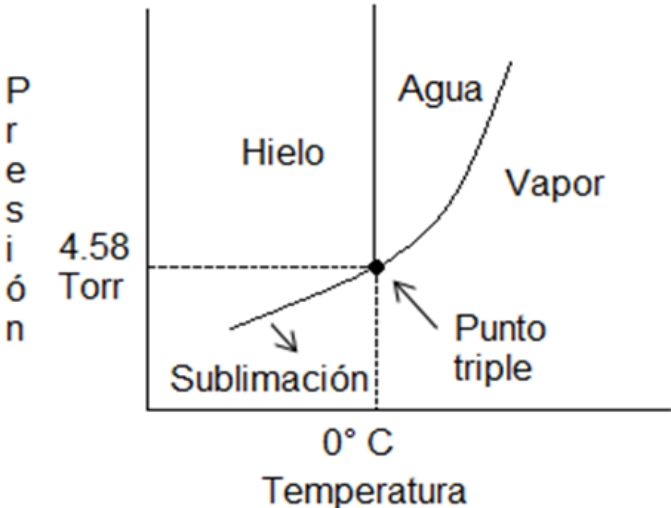
cabo la congelación; ya que la forma de los poros, la distribución del tamaño de los poros, y la conectividad de los mismos en la capa seca que se forma por la sublimación del agua congelada durante la primera etapa de secado, depende de la formación de los cristales de hielo que se generan previamente (Adelaide et al, 2004). En este punto, es necesario tener en cuenta que los alimentos de pequeño tamaño se congelan mas rápidamente, dando lugar a cristales de hielo muy pequeños que dañan menos su estructura. En los alimentos líquidos, es usual que la congelación sea más lenta con fin de obtener una red de cristales que dé lugar a la formación de canales por los que el vapor de agua pueda escapar (Fellows, 2000). Adicionalmente, dado que la temperatura y el tiempo de congelación de productos alimentarios es función de los solutos en solución que contiene, la temperatura de congelación es más baja que para el agua pura, ya que los solutos del agua no congelada se van concentrando y la temperatura de congelación va disminuyendo continuamente hasta que la solución queda congelada. Al final de la congelación, la masa entera del producto se torna rígida, formando lo que se conoce como un eutéctico, que es una mezcla de cristales de hielo y componentes del alimento que presenta un punto de congelación más bajo que el del agua pura (Barbosa-Cánovas, 2000). Es importante asegurar la eliminación del agua solo por sublimación, ya que la combinación de sublimación y evaporación puede producir sustancias gomosas y porosas en el producto final (Barbosa-Cánovas, 2000).

b. Deshidratación principal: en esta etapa se sublima el agua congelada mediante la aplicación de vacío. Cuando la presión de vapor del agua del

alimento se mantiene por debajo de 4,579 mmHg y el agua se encuentra congelada a una temperatura menor o igual a 0°C (que son los puntos de presión y temperatura que generan el punto triple), cuando el alimento se calienta (calor de sublimación referido a condiciones de vacío y que implica bajas temperaturas) el hielo pasa directamente a vapor sin pasar por el estado líquido (Fellows, 2000). Este fenómeno de sublimación del hielo puede ser comprendido observando el Gráfico 2; a medida que el hielo se sublima, la superficie de sublimación, también conocida como frente en movimiento, se aleja dejando una cáscara porosa de material seco (Velardi, 2008). El vapor de agua generado en la interfase de sublimación es eliminado a través de los poros y el condensador previene el retorno del vapor de agua hacia el producto. La energía para la sublimación del hielo es suministrada por radiación o conducción a través del producto congelado, o por irradiación con microondas de las moléculas de agua (Barbosa-Cánovas, 2000).

- c. Deshidratación secundaria:** en el final de la operación, la humedad que comienza a ser eliminada proviene del agua que se encuentra ligada a las estructuras internas del material que se está secando. En este momento la velocidad de calentamiento debe disminuir para mantener la temperatura del producto por debajo de los 30-50°C, evitando el colapso del material (Barbosa-Cánovas, 2000). En esta etapa en particular se garantiza la conservación del producto por un período de tiempo prolongado a temperatura ambiente (Velardi, 2008).

Gráfico 2. Diagrama de fases del agua donde se explica la sublimación del hielo.



Fuente: FELLOWS, Peter. (2000). Tecnología del procesado de los alimentos. España: Acribia, p. 689.

CAPITULO 2

METODOLOGÍA

Este trabajo comprende dos etapas fundamentales que son la caracterización de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño y la exploración de las condiciones ideales para la obtención de un producto liofilizado, con miel de abejas como materia prima.

2.1 Análisis para la caracterización del producto

Se conoce como caracterización de un alimento al conjunto de procedimientos que permiten identificar algunas de sus características físicas, químicas, microbiológicas, y sensoriales. En el caso de la miel de abejas se considera relevante realizar su caracterización para evaluar la calidad de la misma, y las propiedades que ésta posee como materia prima.

Para este análisis se consideraron ocho muestras de miel de abejas de la especie *Apis mellifera*, producidas y recolectadas por los apicultores del Suroeste Antioqueño, agrupados en la Asociación de Apicultores de Betania (ASOAPIBE). Todas las muestras se recolectaron en Julio del 2010 y se mantuvieron almacenadas en recipientes de vidrio a temperatura ambiente (23°C), en un lugar fresco y oscuro, hasta su análisis. La evaluación de cada una de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín.

2.1.1 Características químicas

2.1.1.1 Contenido de humedad: el porcentaje de humedad fue determinado indirectamente por el método de refractometría. El uso de esta técnica consiste en la medición de la incidencia de un rayo de luz sobre la muestra, el cual experimenta un cambio de dirección cuando encuentra a su paso partículas que impiden atravesar la sustancia. El resultado que arroja el equipo se conoce como índice de refracción, el cual es la razón entre las velocidades del rayo de luz, antes y después de entrar en contacto con la muestra. Posteriormente, es necesario hacer una corrección matemática del índice de refracción de acuerdo con la temperatura a la que se realiza la medición (Bogdanov, 2002). Esta corrección se logra mediante las ecuaciones 1 y 2, según esté la temperatura por encima o por debajo de 20°C, respectivamente.

$$Nn_D = n_D + [(t - 20) \times 0,00023] \text{ Ecuación 1}$$

$$Nn_D = n_D + [(20 - t) \times 0,00023] \text{ Ecuación 2}$$

Donde n_D es el índice de refracción encontrado en la medición, t la temperatura que corresponde a dicha medición y Nn_D en índice de refracción corregido (Bogdanov, 2002). Ahora, con este nuevo valor, se coteja el resultado en la tabla Chataway, la cual se encuentra como el Anexo 1 (Ver Anexo 1, Tabla Chataway) al final de este trabajo y que hace parte de los métodos armonizados que propone Bogdanov, 2002. En esta tabla se relaciona el índice de refracción con la humedad, proporcionando valores exactos y confiables de dicha variable. En los

casos en que resulta necesario se realiza una interpolación lineal para encontrar el valor de la humedad. El equipo utilizado fue un Refractómetro Digital Abbe (Ver Figura 1), el cual posee un error de $\pm 0,0002$. Este procedimiento se llevó a cabo para ocho muestras de miel procedentes del Suroeste Antioqueño. Antes de la medición, cada una de estas muestras fue calentada en un baño de agua a 50°C (baño María) hasta que los cristales de azúcar se disolvieran completamente. Luego, cuando la muestra se había enfriado hasta temperatura ambiente, se homogenizó nuevamente y se tomó la cantidad necesaria para cubrir completamente el cristal inferior del refractómetro. Este proceso se efectuó por triplicado en cada caso. Finalmente, se obtuvieron tres lecturas para cada muestra, cuyos valores se promediaron para obtener como resultado un único valor por muestra.

Figura 1: Refractómetro de *Abbe* empleado para el análisis de la humedad en la miel



Fuente: Imagen propia

2.1.1.2 pH: el medidor de pH empleado en este procedimiento es un equipo digital de referencia Schott Lab 850 (Ver Figura 2), el cual posee un error de $\pm 0,005$ para el pH y de $\pm 0,1$ para la temperatura. Para efectuar la medición, se tomaron 10 g por cada miel, los cuales se diluyeron en 75ml de agua destilada. En cada caso, se agitó continuamente esta solución con ayuda de un agitador magnético. De esta forma, para cada una de las ocho muestras de miel se realizaron dos mediciones, cada una de estas por triplicado. Así, al final de la operación se obtuvieron seis resultados de pH con su respectiva temperatura para cada muestra. Por último, estos resultados se promediaron, obteniendo un único valor de pH y temperatura por cada muestra.

Figura 2: Potenciómetro o medidor de pH *Schott Lab 850*



Fuente: Imagen propia

2.1.1.3 Acidez: a nivel de laboratorio, esta propiedad suele medirse por titulación o neutralización con una base. Mediante esta operación química de valoración o volumetría se determina la concentración de una solución desconocida por medio de la neutralización con otra solución conocida. De esta manera, la determinación de la acidez consiste en la valoración de una disolución ácida que se neutraliza con una base. Esta concentración se mide de acuerdo a las normalidades ya que el número de equivalentes del ácido es igual al número de equivalentes de la base que lo neutraliza respectivamente (Gutiérrez, 1991).

La medición de la acidez se efectuó por titulación con una base y con ayuda de un medidor de pH *Schott Lab 850* (Ver Figura 3), el cual posee un error de $\pm 0,005$ para el pH y de $\pm 0,1$ para la temperatura. Las soluciones a titular se obtuvieron al disolver 10g de cada muestra en 75ml de agua destilada. El medio titulante fue una solución de hidróxido de sodio 0,1 M, la cual se liberó gota a gota desde una bureta sobre cada dilución de miel. Con ayuda de un agitador magnético, cada gota de hidróxido de sodio era homogenizada en la solución hasta que el medidor de pH mostraba un valor de 8,3 (Bogdanov, 2002). Realizando la operación por triplicado, en este punto se tomaba registro de los mililitros de hidróxido consumidos para alcanzar este valor de pH, encontrado el valor de la acidez, expresado en miliequivalentes mediante la siguiente fórmula matemática (Ecuación 3):

$$AL = V \times 10 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde AL es el valor de acidez libre encontrado y V es el volumen en mililitros de NaOH 0,1 M que fue gastado en la titulación.

Figura 3: Montaje elaborado para medir la acidez por titulación



Fuente: Imagen propia

2.1.1.4 Actividad del agua (a_w): esta propiedad se evaluó a través de un medidor digital de a_w , marca *Rotronic Higropalm* llevando las muestras a 25°C manipulando las condiciones del ambiente sin llegar a calentar la sustancia. Posteriormente se fijó el equipo en el modo a_w quick con un tiempo de estabilización de 15min/muestra y se registró cada valor de a_w con su respectiva temperatura. Los ensayos se efectuaron por triplicado.

2.1.1.5 Contenido de azúcares en la miel: para determinar el tipo de azúcares presentes en la miel es necesario recurrir a métodos de separación que permitan diferenciar cada una de las unidades componentes. La técnica conocida como cromatografía, y particularmente la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC),

que utiliza un líquido como fase móvil, es uno de los métodos más indicados para realizar este tipo de pruebas (Rouessac, 2003).

La cromatografía es un procedimiento de separación de los constituyentes de una mezcla homogénea, ya sea líquida o gaseosa. El principio básico se fundamenta en los equilibrios de concentración de los compuestos presentes entre dos fases no miscibles. Una de estas fases, denominada estacionaria, esta inmovilizada en una columna; y la otra, llamada móvil, se mueve al contacto de la primera. De esta forma, el desplazamiento a velocidades diferentes de los compuestos presentes a través de la fase móvil, conduce a su separación. La determinación de un compuesto por cromatografía corresponde a un método comparativo, donde para su identificación se coteja el tiempo de migración con respecto a compuestos de referencia de los que ya se conoce su análisis cromatográfico (Rouessac, 2003).

Para el caso de la miel de abejas, este análisis se efectuó por triplicado para ocho muestras de miel, las cuales se prepararon en diluciones de 1 gramo de sustancia por cada 100 mililitros de agua desionizada. Posteriormente se llevaron a un Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC), marca *Shimadzu*, serie Prominence, dotado de bomba cuaternaria (LC-20AD), Autoinyector (SIL 20A), Horno (CTO 20A) y detector de Índice de Refracción (RID 10A). La resolución de la sacarosa, glucosa y fructosa se logró utilizando una columna *Waters IC-PACK Ion Exclusión* de 150 mm x 7,8 mm, con ácido sulfúrico 0,01N como fase móvil a una temperatura de 30°C y un flujo de 0,6 mL/min. Los resultados que arroja el equipo se expresan en g/L de glucosa, sacarosa y

fructosa; y para convertirlos a porcentaje se utiliza el procedimiento matemático del Anexo 2 (Ver Anexo 2, cálculo porcentual de los azúcares).

2.1.2 Características físicas

2.1.2.1 Densidad: la determinación de la densidad de la miel se llevó a cabo con la ayuda de un picnómetro *Blaubrand* 43420 que posee un volumen de 24,7023cm³. Este instrumento se llenó completamente por triplicado con cada una de las muestras. En cada repetición se obtuvo el peso inicial del picnómetro, al igual que el peso final al ser llenado con la muestra correspondiente. Por medio de la resta del peso final menos el inicial fue posible encontrar la masa de la sustancia, y por consiguiente hallar así la densidad aplicando la Ecuación 4, así:

$$\delta = m / v \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde v es el volumen, m la masa y δ el valor de la densidad. Adicionalmente, se midió en cada caso la temperatura dada la dependencia de la densidad hacia esta propiedad.

Figura 4: Picnómetro *Blaubrand* 43420 empleado para el análisis de la densidad



Fuente: Imagen propia

2.1.2.2 Rotación específica: se trata de una característica que presentan las sustancias que son capaces de desviar el plano de la luz polarizada en un ángulo específico. En general, todas las soluciones azucaradas desvían el plano de luz hacia la derecha o hacia la izquierda en dependencia del tipo de azúcar que allí se encuentre y de la concentración de la misma; donde para el caso de la miel, el valor del ángulo de rotación corresponde al poder rotatorio que otorgan el conjunto de azúcares contenidos en dicha sustancia (Manresa, 2005). Esta prueba se realiza con un Polarímetro ajustando ambos lados del campo visual a la misma intensidad lumínica. Cuando es necesario girar hacia la derecha para lograr dicho ajuste, la sustancia se denomina dextrógira, y cuando es hacia la izquierda, levógira (Jaramillo, 2002). Específicamente para este trabajo, la evaluación de la rotación específica se llevó a cabo en un laboratorio certificado externo, utilizando

un Polarímetro Jina bajo el código 781 USP 33 para ocho muestras de miel en un análisis por triplicado.

2.1.3 Características sensoriales

2.1.3.1 Análisis sensorial: el análisis sensorial se refiere a la medición y cuantificación de las características organolépticas de los productos alimenticios a través de los sentidos humanos; ya que desde el momento en que se prueba un producto se hace un juicio valorativo acerca del mismo, describiendo agrado o desagrado y características como olor, sabor, textura, etc. (Montenegro, 2008). Esta evaluación se limita de acuerdo a una serie de preguntas que son determinadas por la persona que requiere la información, con el objetivo de eliminar la subjetividad en las respuestas y poder clasificarlas de manera más clara. Este tipo de pruebas se realizan comúnmente en la industria como instrumento eficaz para el control de calidad y la aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese producto se quiere comercializar debe cumplir con ciertas características de calidad, higiene e inocuidad, para que éste sea aceptado por las reglamentaciones correspondientes, y posteriormente por el consumidor (Costell, s.a).

De manera general, el análisis sensorial se realiza con el fin de encontrar la combinación adecuada de propiedades que le agraden al consumidor; y particularmente para este estudio, con el objetivo de conocer las características organolépticas que identifican la miel de abejas del Suroeste Antioqueño. Por esta razón se recurre al método de análisis afectivo que evalúa preferencia, aceptación,

y opiniones de agrado y desagrado acerca del producto. Este método resulta ideal cuando se realiza con un grupo de evaluadores no expertos (Villalobos, 1994). De esta forma, la descripción de las características se efectuó mediante un panel de no expertos de 39 personas, entre los que se encontraban hombres y mujeres con un promedio de edad de 23 años y quienes se desempeñaban como estudiantes o docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana con sede en Medellín. Estas personas estuvieron encargadas de evaluar el producto en muestras de 10 gramos envasadas en recipientes transparentes con capacidad para 40 gramos. Haciendo uso de cucharas plásticas pequeñas, los asistentes llevaron a su paladar la cantidad de miel que consideraron necesaria para resolver las preguntas en el formato de evaluación.

Calificando los atributos de color, aroma, textura, sabor, y aceptabilidad general en una prueba hedónica con escala numérica de 0 a 7 y describiendo percepciones en algunos casos, cada uno de los formatos fue diligenciado completamente por los panelistas (Ver Anexo 3, Formato de Análisis Sensorial); donde posteriormente se tabularon los datos para una mejor interpretación de la información. Es importante mencionar que tanto las características a evaluar, como el diseño de la escala de valoración se definieron para este trabajo de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada (Salamanca, s.a.; Piana, 2004).

Una vez que los resultados fueron tabulados en Excel 2007, se realizó un análisis estadístico para cada uno de los parámetros encontrando la frecuencia, la frecuencia relativa, la frecuencia relativa acumulada, la moda, la media, y la

mediana. Esto con el objetivo de verificar la tendencia en las respuestas de los panelistas y para identificar el punto con la mayor acumulación de los resultados. Adicionalmente, se graficaron los histogramas correspondientes a la información recolectada de cada parámetro con el fin de obtener una mayor claridad visual sobre la tendencia y la acumulación mencionadas. Finalmente, según los descriptores asignados a cada valor entre la escala de 0 a 7, se obtuvo el perfil sensorial de las muestras evaluadas de miel de abejas del Suroeste Antioqueño.

A continuación se presentan en las Tablas 4-11 los descriptores de escala según cada parámetro.

Tabla 4. Descriptores del color

Escala	Descriptores
0	Blanco
1	Amarillo claro
2	Amarillo anaranjado
3	Ámbar claro
4	Ámbar
5	Café claro
6	Café oscuro
7	Negro

Tabla 5. Descriptores del aroma

Escala	Descriptores
0	Desagradable
1	Medianamente desagradable
2	Ligeramente desagradable
3	Irregular
4	Aceptable
5	Ligeramente agradable
6	Medianamente agradable
7	Agradable

Tabla 6. Descriptores de la textura

Escala	Descriptores
0	Sin cristales
1	Ligeramente sin cristales
2	Homogénea
3	Fina
4	Extremadamente fina
5	Irregular
6	Ligeramente gruesa
7	Gruesa

Tabla 7. Descriptores del sabor general

Escala	Descriptores
0	Débil
1	Medianamente débil
2	Ligeramente débil
3	Nada débil
4	Nada intenso
5	Ligeramente intenso
6	Medianamente intenso
7	Intenso

Tabla 8. Descriptores del sabor dulce

Escala	Descriptores
0	Nada dulce
1	Ligeramente dulce
2	Medianamente dulce
3	Aceptablemente dulce
4	Dulce
5	Acentuadamente dulce
6	Intensamente dulce
7	Muy dulce

Tabla 9. Descriptores del sabor ácido

Escala	Descriptores
0	Nada ácido
1	Ligeramente ácido
2	Medianamente ácido
3	Aceptablemente ácido
4	Ácido
5	Acentuadamente ácido
6	Intensamente ácido
7	Muy ácido

Tabla 10. Descriptores del sabor amargo

Escala	Descriptores
0	Nada amargo
1	Ligeramente amargo
2	Medianamente amargo
3	Aceptablemente amargo
4	Amargo
5	Acentuadamente amargo
6	Intensamente amargo
7	Muy amargo

Tabla 11. Descriptores de la aceptabilidad

Escala	Descriptores
0	Nula
1	Despreciable
2	Ordinaria
3	Irregular
4	Ligeramente aceptable
5	Moderadamente aceptable
6	Aceptable
7	Muy aceptable

A manera de información, es importante mencionar que todo el análisis sensorial que fue realizado en este trabajo corresponde a un ejercicio netamente exploratorio, que no siguió ninguna norma técnica específica sino trabajos similares publicados, acerca de los parámetros que describen y caracterizan la miel de la región mencionada. Aún cuando se contaba con 8 muestras diferentes de la misma región, únicamente se realizó la prueba sensorial sobre una de las muestras ya que por tratarse de condiciones geográficas y botánicas de un mismo lugar, es poco probable que un panel de no expertos tuviera la capacidad de diferenciar las sutiles variaciones existentes entre mieles.

2.2 Proceso de la liofilización

Durante la etapa de revisión bibliográfica en la que se llevó a cabo la investigación de este trabajo no fue posible encontrar un soporte teórico que indicara cómo liofilizar miel de abejas; sin embargo, se tomaron como base dos patentes para fijar algunos parámetros (Slifkin, 1989; Green, 2001). Por tal motivo, el proceso de investigación se divide en dos fases; la Fase 1, donde se encontraron las condiciones de acondicionamiento, congelación, y liofilización, más apropiadas para obtener el producto deseado; y la Fase 2, donde se eligió el mejor resultado de la Fase 1 para evaluar el efecto de diferentes aditivos en el producto final. A continuación se describe cada una de las fases:

2.2.1 Fase 1

2.2.1.1 Acondicionamiento de las muestras: en matraz de 100 ml se diluyeron las muestras de miel en concentraciones que variaron entre el 75% al 10% m/v.

En total se realizaron seis diluciones que se efectuaron así:

Dilución 1: 75g de miel + 100ml de agua destilada

Dilución 2: 50g de miel + 100ml de agua destilada

Dilución 3: 25g de miel + 100ml de agua destilada

Dilución 4: 20g de miel + 100ml de agua destilada

Dilución 5: 15g de miel + 100ml de agua destilada

Dilución 6: 10g de miel + 100ml de agua destilada

2.2.1.2 Congelación: luego de que las diluciones habían sido preparadas, solo 12ml de los 100ml preparados de cada una de ellas fueron de utilidad. Empleando

ensayos independientes para cada dilución (6 ensayos en total), estos doce mililitros se repartieron de manera equitativa en los seis recipientes de congelación del equipo de liofilización, denominados “manifold”. De esta manera, cada manifold contenía 2 ml de la dilución preparada. El objetivo de esta distribución era obtener una capa delgada de producto de unos 2 mm. En este punto las diluciones 1, 2, y 3 se llevaron a congelación a -80°C por 24 horas. Por su parte, las diluciones 4, 5, y 6 se congelaron a la misma temperatura pero por 48 horas. Es necesario mencionar que los tiempos y temperaturas de liofilización anteriormente mencionados, se tomaron como base para este trabajo de acuerdo a la revisión bibliográfica; donde se encontraron dos patentes relacionadas con la deshidratación de la miel, que manejaron estos mismos parámetros (Slifkin, 1989; Green, 2001).

2.2.1.3 Liofilización: con una presión de vacío de 0.008mbar, que es la presión de operación del liofilizador utilizado, y una temperatura de condensación de -84°C , las diluciones 1, 2, y 3 se liofilizaron por 24 horas; mientras que las diluciones 4, 5, y 6 se liofilizaron por 48 horas. Es importante mencionar que tanto la presión como la temperatura de condensación permanecieron constantes en todo el proceso, ya que son los parámetros de funcionamiento que caracterizan el equipo empleado. El liofilizador empleado fue un equipo *Labconco* de referencia 793402.

2.2.2 Fase 2

De los resultados de la Fase 1 se determinó que las mejores condiciones básicas para obtener miel liofilizada bajo el escenario evaluado fueron: una concentración de 10% m/v (Dilución 6), y un periodo de congelación y liofilización de 48 horas.

De acuerdo a este resultado el proceso continuó de la siguiente forma:

2.2.2.1 Acondicionamiento de las muestras: en diluciones al 10% m/v de concentración se adicionaron estabilizantes diferentes y en cantidades igualmente diferentes, agitando de manera manual con un agitador de vidrio hasta que fuera evidente la dilución del estabilizante evaluado. Este procedimiento se desarrolló en cuatro nuevas diluciones:

Dilución 1: 10g de miel + 100ml de agua destilada + 0,2g de Maltodextrina

Dilución 2: 10g de miel + 100ml de agua destilada + 0,5g de Maltodextrina

Dilución 3: 10g de miel + 100ml de agua destilada + 0,2g de Sipernat 22s

Dilución 4: 10g de miel + 100ml de agua destilada + 0,5g de Sipernat 22s

Ambos aditivos fueron adquiridos en la ciudad de Medellín. La Maltodextrina se obtuvo de la empresa *Bell-Chem*, y el Sipernat 22s de la empresa CIQUIMICA AROMÁTICA ANDINA S.A.

2.2.2.2 Congelación: cada una de las diluciones se congeló por 48 horas.

2.2.2.3 Liofilización: con una presión de vacío de 0.008mbar y una temperatura de condensación de -84°C que permanecieron constantes, cada una de las diluciones se liofilizó por 48 horas.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la caracterización física y química que se llevó a cabo sobre ocho muestras de miel de abejas proveniente del Suroeste Antioqueño.

Tabla 12. Características físicas y químicas de ocho mieles del Suroeste Antioqueño

Parámetros	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	D.S.
Humedad (%)	17,97	16,36	18,11	17,68	18,52	19,84	17,14	18,78	1,05
pH	3,679	3,947	3,746	3,727	3,705	3,606	3,725	3,634	0,103
Acidez libre (meq/1000g)	40,70	45,00	45,30	41,30	43,30	46,30	38,00	40,70	2,86
Actividad del agua	0,622	0,597	0,63	0,627	0,632	0,634	0,611	0,652	0,016
Glucosa (%)	31,23	32,99	31,03	31,39	30,42	31,77	31,18	31,48	0,74
Fructosa (%)	32,39	32,86	32,46	32,82	32,34	32,48	31,7	31,69	0,44
Sacarosa (%)	4,98	4,29	5,01	5,05	4,80	4,53	4,47	4,56	0,29
Densidad (g/cm ³)	1,409	1,417	1,410	1,408	1,407	1,402	1,409	1,401	0,005
Rotación específica	-7,000	-7,333	-6,900	-7,167	-7,500	-9,500	-7,333	-7,167	0,835

D.S.= Desviación Estándar

En las siguientes secciones se presenta una descripción detallada de cada uno de los resultados de la Tabla 12. Se ha considerado mencionar para la gran mayoría de los parámetros, la temperatura promedio a la cual se realizaron los ensayos de medición; ya que algunos de estos parámetros se ven afectados cuando se presentan variaciones de la temperatura.

3.1 Análisis de las características químicas

3.1.1 Contenido de humedad

El concepto de humedad de la miel está relacionado con la cantidad total de agua, libre y ligada, que se encuentra presente en este producto. Según la Resolución 1057 del Ministerio de la Protección Social, la cual establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano, el porcentaje de humedad aceptado para la miel, debe estar entre el 20 al 21% de acuerdo al origen de la misma.

Se trata de un parámetro de importancia ya que está relacionado con la conservación directa de la miel a lo largo del tiempo, influyendo de manera particular en la calidad con que ésta es ofrecida al consumidor. Además, es una característica dependiente de la flora y clima del cual proviene, y por lo tanto, puede relacionarse con las particularidades de determinada zona geográfica (Hernández, 2005; Zandamela, 2008).

Como resultado de la prueba efectuada en cada una las ocho muestras para encontrar el valor de este parámetro, se determinó que el valor promedio de humedad de la miel proveniente del Suroeste Antioqueño corresponde a $18,05\%p/p \pm 1,05$, medida a una temperatura real promedio de $21,5^{\circ}\text{C}$. Resulta importante mencionar que ninguna de las ocho muestras evaluadas presentó un valor superior al 21% permitido por la Resolución, siendo 19,85% el valor más alto encontrado, y 16,36% el valor más bajo. El hecho de presentar un contenido de

humedad aceptado por el Ministerio de la Protección Social, revela que existe una baja posibilidad de fermentación de esta miel en condiciones de almacenamiento (Ojeda de Rodríguez, 2004; Isla, 2011; Ouchemoukh, 2007); ya que si durante este periodo se presenta una humedad excesiva, ocurren reacciones de transformación y alteración, generadas por levaduras tolerantes al azúcar (osmotolerantes), que podrían amenazar la conservación del producto. De igual forma, un valor aceptado por la legislación Colombiana, también demuestra que los apicultores de la región del Suroeste Antioqueño han realizado las prácticas de extracción de manera adecuada y en el tiempo apropiado para ello (Finola, 2007; Costa, 1999; Feás, 2010), tanto a nivel de campo como en la planta de procesos. Esto se debe a que la miel de abejas, por su alta higroscopicidad, atribuida principalmente a su contenido de fructosa (Manresa, 2005), tiende a captar humedad del ambiente hasta alcanzar un equilibrio con la humedad exterior; y por ello, se puede inferir que la miel no ha estado por fuera del panal por periodos de tiempo prolongados que pudiesen elevar la cantidad de agua que se presenta de manera natural en el producto.

3.1.2 pH

El promedio total del pH de las ocho muestras evaluadas fue de $3,721 \pm 0,103$, medido a una temperatura promedio de $24,9^{\circ}\text{C}$. No obstante, el menor valor de pH que se encontró fue de 3,606, mientras que el valor mayor fue de 3,947. Este parámetro no es tenido en cuenta por la legislación colombiana para la miel abejas (Resolución 1057), como uno de los requisitos que posee este producto para ser

distribuido comercialmente. Sin embargo, el valor promedio encontrado coincide con los resultados presentados en otros estudios alrededor del mundo, como en Portugal, Venezuela, Argelia, Uruguay, y España, donde también se ha evaluado el pH de la miel de abejas *Apis mellifera* y se ha definido que este parámetro informa de un resultado aceptable si se encuentra en un rango entre 3 y 4,3 (Corbella, 2006). Igualmente, se ajusta a los valores presentados en un estudio para mieles Colombianas en las zonas de Boyacá y Tolima, cuyo rango de pH oscila entre 3,74 y 3,86 (Salamanca, s.a.). Dado que el pH se refiere a la medida de acidez o alcalinidad de una solución, un resultado de 3,721, cuyo valor se encuentra por debajo de 7, indica que esta miel puede considerarse como un producto ácido. Esta característica le otorga propiedades que inhiben la presencia y el crecimiento de microorganismos (Iurlina, 2005). La importancia de este parámetro radica en su función como indicador de la procedencia botánica de la miel de abejas; ya que de acuerdo con algunos autores, un pH con un valor inferior a 4 revela una miel de origen floral; mientras que un pH con un valor superior a 4 define mieles que las abejas han procesado a partir de secreciones de partes vivas de algunas plantas-conocidas como mieles de mielada (Zandamela, 2008; Feás, 2010). De esta manera, es posible afirmar, según los resultados obtenidos de pH, que la procedencia de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño es en su mayoría del néctar de las flores que predominan en esta región.

3.1.3 Acidez

Los resultados de la acidez libre presentaron una variación entre los 38 a 46,3 miliequivalentes de ácido por cada 1.000g. Sin embargo, el promedio total de acidez encontrado fue de 42,60 meq/1.000g \pm 2,86, medido a una temperatura promedio de 24,8°C; lo cual ubica a la miel del Suroeste Antioqueño en el rango permitido por la Resolución 1057, al conservar un valor de acidez por debajo de los 50 meq/1.000g.

La función principal de la acidez en la miel de abejas es proteger este alimento de los ataques microbianos, al igual que lo hace el pH; pero además, también se ha encontrado que otorga aroma aunque no sea advertido en el sabor al estar enmascarada por el poder edulcorante de los azúcares (Zandamela, 2008). La miel está constituida por aproximadamente 20 ácidos que provienen de las secreciones salivares de las abejas, y entre los que se encuentran el acético, málico, butírico, fórmico, láctico, succínico, oxálico, y glucónico. Este último ha sido identificado como el ácido predominante y el más importante, ya que se encuentra asociado al contenido de glucosa, al ser el resultado de la acción de la enzima glucosa-oxidasa sobre esta azúcar (Manresa, 2005; Cifuentes, 1987; Zandamela, 2008; Cavia, 2007).

Por otra parte, la acidez en la miel de abejas ha sido citada por diversos autores como un indicador de la frescura de este alimento y de la manipulación, adecuada o inadecuada, que se ha llevado a cabo en su procesamiento (Corbella, 2006; Isla, 2011; Feás, 2010; Ojeda de Rodriguez, 2004; Azeredo, 2003; Subramanian,

2007). Entre las prácticas que realizan los apicultores, es común que la miel sea calentada para facilitar el envasado y con el fin de eliminar levaduras que pueden conducir a la fermentación. No obstante, un aumento descontrolado de la temperatura genera la aparición de una sustancia conocida como hidroximetilfurfural (HMF), la cual se descompone en ácidos levulínico y fórmico, adicionales a los ácidos naturales de la miel, que en resultado, aumentan el grado de acidez (Zandamela, 2008; Subramanian, 2007). De esta forma, un valor de acidez aceptado por la Resolución 1057 indica que la miel del Suroeste Antioqueño no ha sido sobrecalentada durante el proceso de envasado. Igualmente, la acidez constituye un indicador de la frescura, ya que por la acción microbiana, el alcohol procedente de la fermentación de los azúcares también se transforma en un ácido adicional que es el ácido acético (Snowdon, 1996; Zandamela, 2008).

3.1.4 Actividad del agua (a_w)

Se trata de una propiedad importante en los alimentos ya que constituye un indicador fundamental para definir el deterioro que puede generarse en los mismos. Como concepto se refiere básicamente a la fracción del contenido de humedad total que está libre en un producto, y de la cual los microorganismos pueden hacer uso para llevar a cabo diversas alteraciones dentro del mismo. De igual forma, esta propiedad revela la cantidad de agua que se encuentra en capacidad de actuar como solvente y participar en reacciones químicas y bioquímicas y en el crecimiento microbiano. Como consecuencia, con la

determinación de la actividad del agua en los alimentos es posible predecir el tipo de microorganismos que pueden desarrollarse en determinado producto, lo cual es trascendental desde el punto de vista de inocuidad alimentaria (Barbosa-Cánovas, 2007).

La Resolución 1057 no presenta ninguna restricción con respecto a este parámetro. Sin embargo, el valor promedio obtenido concuerda con el dato presentado por algunos investigadores en diversos estudios sobre la miel de abejas de diferentes orígenes geográficos, como en Argentina y en algunas regiones de Colombia (Zamora, 2006; Gleiter, 2006; Salamanca, s.a.). La actividad de agua promedio para las ocho muestras fue de $0,626 \pm 0,016$ a una temperatura promedio de 24°C . Éstas presentaron una variación en un rango entre 0,597-0,652.

Valores bajos de a_w se relacionan comúnmente con la inhibición microbiana. Sin embargo, existen algunos microorganismos que presentan adaptaciones especiales que les permiten desarrollarse en valores mínimos de actividad de agua. Las levaduras osmotolerantes, por ejemplo, presentan una adaptabilidad particular a elevadas concentraciones de azúcar y son capaces de crecer hasta en un valor mínimo de a_w correspondiente a 0,6 (Gleiter, 2006). Este tipo de levaduras se encuentran comúnmente en la miel de abejas y son responsables de fermentaciones indeseadas durante el almacenamiento (Snowdon, 1996; Zamora, 2006). Por tal motivo, la obtención de un a_w promedio (0,626) cercano a 0,6 señala que la miel del Suroeste Antioqueño tiene una baja probabilidad de

deteriorarse rápidamente en condiciones de almacenamiento, otorgándole una mayor estabilidad.

3.1.5 Azúcares contenidos en la miel

Los principales componentes sólidos de la miel pertenecen a la naturaleza de los carbohidratos, siendo los azúcares reductores (fructosa y glucosa) los mayores constituyentes (Cavia, 2002; Ouchemoukh, 2007; Isla, 2011; Finola, 2007; Feás, 2010; Ojeda de Rodríguez, 2004).

Para las ocho muestras evaluadas se obtuvieron valores promedio de los azúcares predominantes así:

- Glucosa= 31,43%p/p \pm 0,74
- Fructosa= 32,34%p/p \pm 0,44
- Sacarosa= 4,71%p/p \pm 0,29

La Resolución 1057 no incluye restricciones con respecto a las cantidades de fructosa y glucosa. No obstante, señala que el límite permitido para la cantidad de sacarosa se encuentra en un rango \leq 5-10%p/p; lo cual ubica a la miel del Suroeste Antioqueño entre los valores permitidos. Este resultado es un indicador importante de la calidad del producto porque permite definir que se trata de miel de abejas genuina, que no ha sido adulterada con azúcar comercial (Ureña, 2007), y que la cosecha se ha llevado a cabo en la época que corresponde, permitiendo que la sacarosa del néctar floral sea transformada en glucosa y fructosa por las abejas (Azeredo, 2003; Dardón, 2008; Gomes, 2010; Isla, 2011). Además,

también revela que los apicultores de la zona no han abusado de la alimentación artificial con jarabe de azúcar durante las temporadas invernales donde la flora es escasa (Ouchemoukh, 2007; Guler, 2007). De igual forma, la proporción fructosa/glucosa que se ha encontrado con los resultados mencionados, y que corresponde a 1,03:1, es también soporte para sustentar la calidad de este alimento; ya que algunos autores mencionan que proporciones menores a 1 conducen a sospechar de mieles adulteradas con sacarosa (Costa, 1999). Así mismo, cuando el ratio fructosa/glucosa es cercano a 1, se habla de mieles de origen floral; mientras que un ratio entre 1,5 a 2 se le atribuye a mieles extraflorales o de mielada (Gleiter, 2006).

3.2 Análisis de las características físicas

3.2.1 Densidad

Se obtuvo un valor promedio de $1,408 \text{ g/cm}^3 \pm 0,005$, medidos a una temperatura promedio de $23,4^\circ\text{C}$. El rango de variación entre las muestras estuvo entre $1,401$ - $1,417 \text{ g/cm}^3$. Se trata de un parámetro relacionado íntimamente con la humedad y que define la consistencia, la cual es usualmente altamente viscosa en la miel (Cifuentes, 1987; Manresa 2005). El valor de densidad encontrado para la miel del Suroeste Antioqueño concuerda con el valor mínimo para ser aceptada ($1,400 \text{ g/cm}^3$). En general, las mieles que presentan humedades altas tienden a revelar valores de densidad menores, y por consiguiente su consistencia es más fluida. De esta manera, un valor aceptado de la densidad muestra que esta miel es menos propensa a la fermentación (Ouchemoukh, 2007); ya que una densidad

menor a la aceptada indicaría un mayor contenido de humedad, y por lo tanto, una mayor predisposición al crecimiento microbiano al presentar un medio ideal para su proliferación.

3.2.2 Rotación específica

El ángulo de rotación específica se conoce como el resultado de los diferentes ángulos de rotación de los azúcares que existen en la miel; y como la glucosa y la fructosa son los carbohidratos predominantes, este ángulo se encuentra condicionado por la cantidad presente de estos dos compuestos (Manresa, 2005). El promedio encontrado en la miel del Suroeste Antioqueño para esta propiedad fue de $-7,488 \pm 0,835$, con variaciones de las ocho muestras evaluadas entre $-6,900$ y $-9,500$. El signo negativo de este resultado promedio, y en general el de todas las muestras, simboliza una rotación levógira. Diversos autores han señalado que las mieles procedentes del néctar de las flores son fundamentalmente levorrotatorias por el predominio de la fructosa entre los demás azúcares de la miel (Manresa, 2005; Cifuentes, 1987; Ouchemoukh, 2007; Salamanca; s.a.); y como consecuencia, también han afirmado que las mieles de mielada o que han sido adulteradas, son usualmente dextrorrotatorias (el ángulo es positivo y la rotación es en el sentido de las manecillas del reloj). A partir de esta información es posible corroborar lo citado en el análisis de pH y en el contenido de azúcares, donde se describió la miel del Suroeste Antioqueño con un origen floral y con un contenido de sacarosa permitido que habla de su buena calidad.

3.3 Análisis de las características sensoriales

En el contexto de la miel de abejas, los perfiles sensoriales se desarrollan principalmente considerando como parámetros de evaluación, la apariencia, el olor, el sabor, y la textura (Montenegro, 2008). En los últimos años se ha demostrado que los métodos instrumentales son más rápidos y precisos para determinar la calidad de los productos alimenticios; sin embargo, en la gran mayoría de los casos no es posible medir todos los aspectos (Manresa, 2005); y por ello, es necesario considerar una forma más directa de medir la calidad a través de la valoración que el ser humano puede realizar utilizando sus sentidos. De esta forma, aún cuando existen diversas maneras de cuantificar las características que identifican las mieles de distintos orígenes geográficos y botánicos, la evaluación sensorial tradicional que se realiza con los seres humanos como evaluadores directos del producto, aún continua siendo ampliamente utilizada por las grandes industrias apícolas como un instrumento para el control de la calidad y para el mejoramiento de la misma (Piana, 2004).

Como se mencionó previamente en la metodología, el medio de valoración que se empleó fue una prueba afectiva, dirigida fundamentalmente hacia la determinación de la aceptación y/o preferencia por parte de los evaluadores. Para identificar estas valoraciones se implementó una escala de 0 a 7 en cada parámetro con el objetivo de establecer una tendencia marcada hacia alguno de los extremos de la escala. Con ocho posibles opciones que cada uno de los panelistas podía seleccionar en cada parámetro, se eliminó la posibilidad de contar en la escala con

algún número central que pudiera llevar al evaluador a marcar esta opción por abstenerse de elegir una tendencia particular. Sin embargo, con la forma de la escala empleada, el evaluador no tiene más opción que inclinarse hacia un extremo u otro según su opinión.

Con respecto a los resultados encontrados, es necesario señalar nuevamente que los parámetros evaluados fueron el color, el aroma, la textura, el sabor general, el sabor dulce, el sabor ácido, el sabor amargo, y la aceptación general.

- **Color**

En relación al color, fue posible identificar mediante la frecuencia relativa que el 87% de los panelistas consideró que este parámetro se encontraba en la escala entre los valores 3 y 4; cuyos descriptores corresponden a “ámbar claro” y “ámbar” respectivamente. No obstante, de este 87%, un mayor número de evaluadores correspondiente al 54% se inclinó por el valor 4, indicando una tendencia marcada hacia el color ámbar. Asimismo, el resultado de la moda respalda esta tendencia, arrojando que el valor con la mayor frecuencia en la distribución de datos lo obtuvo el color ámbar.

- **Aroma**

En términos del aroma, la frecuencia relativa también se acumuló en un 87%, pero en este caso sobre los valores de escala 6 y 7, correspondientes a “medianamente agradable” y “agradable” respectivamente. Sin embargo, al igual

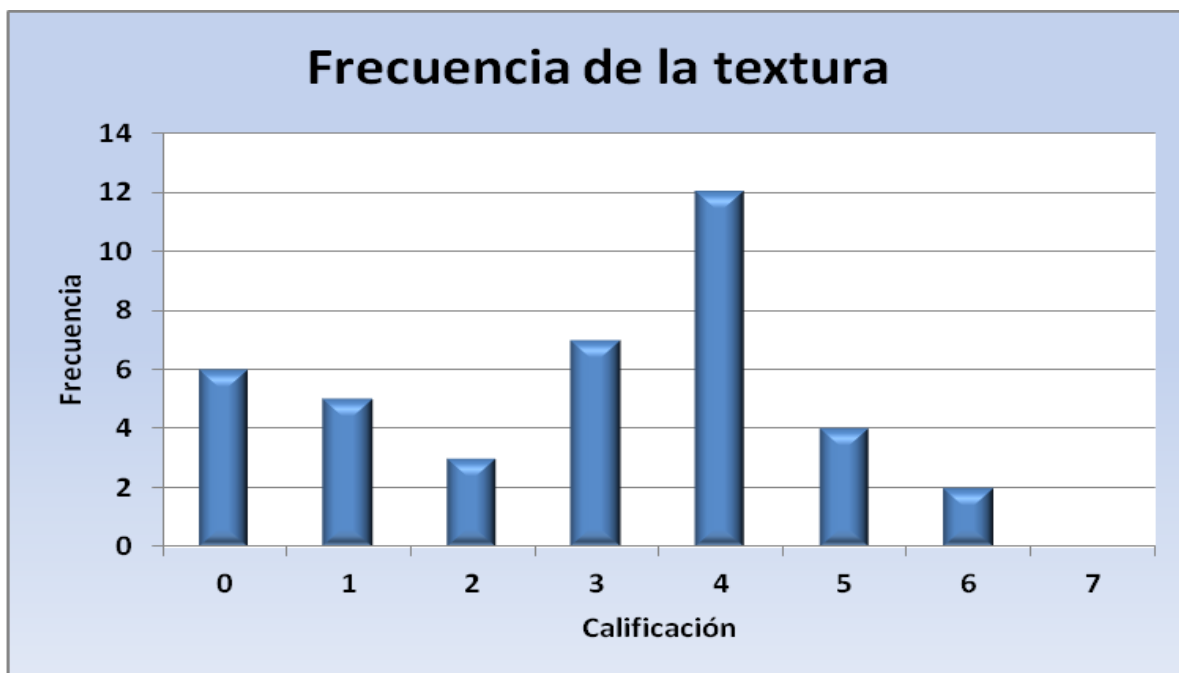
que en el color, de este 87% el 54% se inclinó por la descripción de “agradable”. Este resultado también es soportado por la moda.

- **Textura**

Para el caso de la textura, la tendencia no es tan marcada como en los dos parámetros anteriores y los resultados se distribuyeron en la escala entre los valores de 0 a 6; lo cual resulta interesante ya que todas las muestras se sirvieron a la misma temperatura, evitando que se presentaran diferentes grados de cristalización. No obstante, fue posible definir que el 49% de los evaluadores se inclinó por los valores 3 y 4, correspondientes a los descriptores “fina” y “extremadamente fina” respectivamente. De este 49%, el 31% eligió el valor 4, considerando que la textura de la miel evaluada es finalmente “extremadamente fina”. Al igual que en los casos anteriores, esta tendencia también es soportada por el resultado de la moda.

En el Gráfico 3 se presenta el histograma encontrado para la distribución de los resultados de la textura, donde la calificación corresponde al valor asignado por cada evaluador y la frecuencia al número de personas que eligieron un valor u otro.

Gráfico 3. Distribución de frecuencia de la textura para 39 personas encuestadas

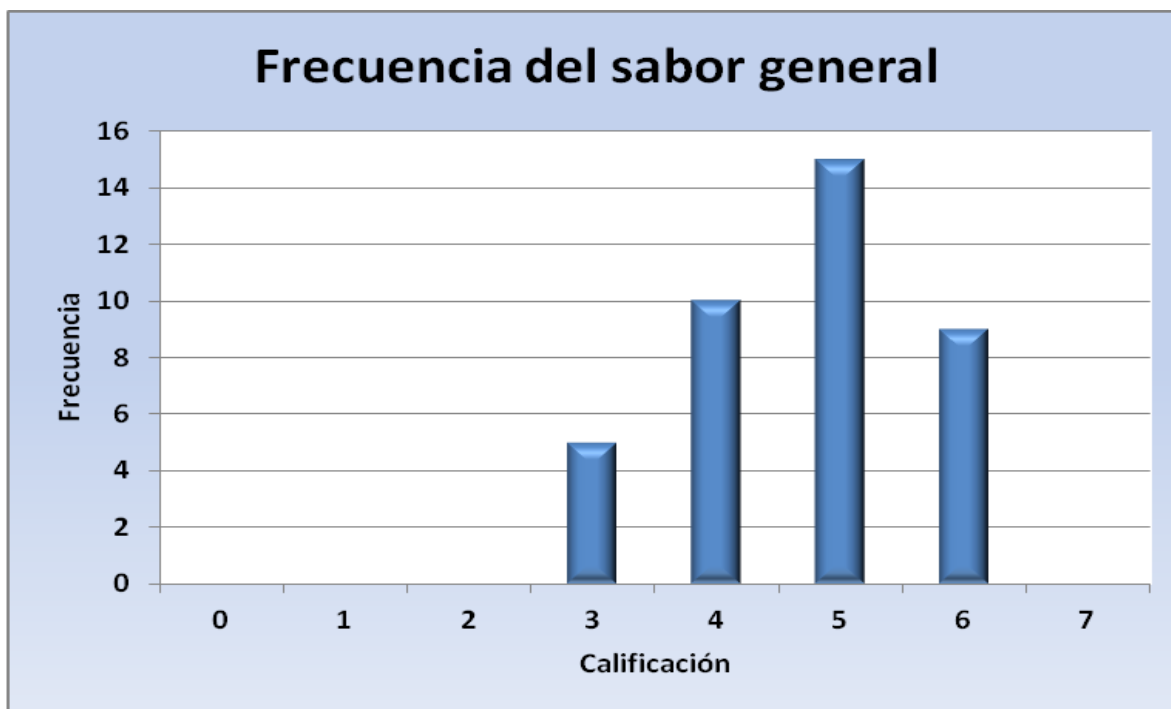


Fuente: Creación propia

- **Sabor general**

En relación al sabor general (Ver Gráfico 4), con una frecuencia relativa del 64%, la gran mayoría de los evaluadores determinó que la intensidad se encontraba entre los valores 4 y 5, correspondientes a “nada intenso” y “ligeramente intenso” respectivamente. De este porcentaje, el 38% se inclinó por el valor 5, lo cual permite reconocer que la descripción para este parámetro es finalmente “ligeramente intenso”.

Gráfico 4. Distribución de frecuencia del sabor general para 39 personas encuestadas



Fuente: Creación propia

- **Sabor dulce**

Asimismo, para el sabor dulce la frecuencia relativa se acumuló sobre los valores 4 y 5 (“dulce” y “acentuadamente dulce”) con un porcentaje del 72%, con una mayoría representada por el 44% que eligió el descriptor “dulce”. En el sabor ácido la frecuencia relativa se acumuló sobre los valores 0 y 1 (“nada ácido” y “ligeramente ácido”) con un porcentaje del 56%, con una mayoría representada por el 33% que eligió el descriptor “nada ácido”. Por su parte, en el sabor amargo la frecuencia relativa también se acumuló sobre los valores 0 y 1 (“nada amargo” y “ligeramente amargo”) con un porcentaje del 82%, con una mayoría representada por el 44% que eligió el descriptor “ligeramente amargo”. En cada uno de los

casos del sabor, los resultados considerados como el valor con la descripción mayoritaria fueron respaldados por la moda.

- **Aceptación general**

Finalmente, con el fin de cuantificar la aceptación general (Ver Gráfico 5), se encontró que la gran mayoría de las descripciones se acumularon sobre los valores 5 y 6 (“moderadamente aceptable” y “aceptable”) con un porcentaje del 69%; para definir finalmente con una mayoría del 41% que la descripción final para este parámetro fue “aceptable”.

Gráfico 5. Distribución de frecuencia de la aceptabilidad general para 39 personas encuestadas



Fuente: Creación propia

A continuación se presenta en la Tabla 13 el perfil sensorial condensado para la miel de abejas del Suroeste Antioqueño. Los descriptores corresponden a los que obtuvieron una mayor frecuencia:

Tabla 13. Perfil sensorial de la miel de abejas evaluada, proveniente del Suroeste Antioqueño

Parámetro evaluado	Descripción asignada por el mayor número de los panelistas
Color	Ámbar
Aroma	Agradable
Textura	Extremadamente fina
Sabor general	Ligeramente intenso
Sabor dulce	Dulce
Sabor ácido	Nada ácido
Sabor amargo	Ligeramente amargo
Aceptabilidad general	Aceptable

3.4 Perfil característico general de la miel de abejas proveniente del Suroeste Antioqueño

De acuerdo a las propiedades físicas, químicas y sensoriales que caracterizan a la miel de abejas del Suroeste Antioqueño, se reúnen en la Tabla 14 cada uno de los resultados encontrados para esta evaluación.

Tabla 14. Ficha técnica de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño

FICHA TÉCNICA DE LA MIEL DE ABEJAS DEL SUROESTE ANTIOQUEÑO		
Nombre del producto	Miel de abejas	
Descripción	Es un producto que se extrae directamente de la colmena de las abejas (<i>Apis mellifera</i>) y que se compone de diferentes azúcares, principalmente glucosa y fructosa. Sin embargo, también se encuentran en ella otras sustancias como ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas derivadas de la recolección (NTC 1273; CODEX STAN 12-1981)	
Origen y obtención	Se consideraron ocho muestras de miel de abejas, producidas y recolectadas por los apicultores del Suroeste Antioqueño, agrupados en la Asociación de Apicultores de Betania (ASOAPIBE). Todas las muestras se obtuvieron en Julio del 2010 y se mantuvieron almacenadas en recipientes de vidrio a temperatura ambiente (23°C), en un lugar fresco y oscuro, hasta su análisis	
Agencias reguladoras	Ministerio de Protección Social (Resolución 1057 del 2010) ICONTEC (NTC 1273 de AÑO) Codex Alimentarius (CODEX STAN 12-1981)	
Caracterización química (n=8)		
Propiedad evaluada	Técnica de análisis	Resultados
Humedad	Refractometría de Abbe digital	18,05 %p/p
pH	Medición digital (Schott Instruments)	3,72
Acidez	Titulación ácido-base	42,60 meq/1000g
Actividad del agua	Medición digital (Rotronic Higropalm)	0,62
Contenido de Glucosa	Cromatografía (HPLC)	31,43 %p/p
Contenido de Fructosa		32,34 %p/p
Contenido de Sacarosa		4,71 %p/p
Caracterización física (n=8)		
Propiedad evaluada	Técnica de análisis	Resultados
Densidad	Medición en picnómetro (Blaubrand)	1,408 g/cm ³
Rotación específica	Polarimetría	-7,488
Caracterización sensorial (n=1; 39 panelistas)		
Propiedad evaluada	Técnica de análisis	Resultados
Color	Panel de no expertos	Ámbar
Aroma		Agradable
Textura		Extremadamente fina
Sabor general		Ligeramente intenso
Sabor dulce		Dulce
Sabor ácido		Nada ácido
Sabor amargo		Ligeramente amargo
Aceptación general		Aceptable

3.5 Relaciones entre los diferentes parámetros químicos, físicos, y sensoriales evaluados

En el análisis de resultados de las características físicas y químicas presentadas anteriormente para la miel de abejas, es posible evidenciar que existen algunas relaciones entre los distintos parámetros; de tal forma que gran parte de las conclusiones que se han mencionado para cada uno de ellos, pueden ser verificadas por los resultados de las demás mediciones. En relación a la calidad del proceso de producción, extracción, y procesamiento llevado a cabo por los apicultores de la región, resulta evidente que variables como el contenido de humedad, la acidez libre, el contenido de azúcares, y la rotación específica, son los indicadores de un balance positivo en este aspecto. Particularmente, el resultado en el contenido de azúcares y los valores encontrados para la rotación específica definen que la alimentación de las abejas no ha sido a base de jarabe de azúcar sino basada en la vegetación local, que la recolección se ha realizado en el estado de maduración ideal del producto, y que estas mieles no han sido adulteradas. En caso que alguna de estas prácticas se hubiera efectuado incorrectamente, la cantidad de sacarosa contenida en el producto habría aumentado, afectando la proporción fructosa/glucosa, y el ángulo de rotación tendría una tendencia dextrógira. Así mismo, aún cuando el pH no representa una variable directamente relacionada con las buenas prácticas de los apicultores, también soporta la hipótesis de una alimentación natural de las abejas del néctar de las flores, sin abuso de alimentación artificial. Por otra parte, con respecto a los resultados de la humedad y la acidez libre, corroboran que la extracción y el

procesamiento se cumplieron en el tiempo justo en el que deben realizarse estas actividades. Así se evitó que la miel estuviera por fuera del panal por un periodo de tiempo prolongado, posiblemente ganando humedad y comenzando un proceso de cristalización que habría conducido a los apicultores a sobrecalentar el producto; y esto a su vez, hubiera ocasionado reacciones que aumentarían la cantidad de ácidos en la miel.

Con respecto a la actividad del agua (a_w), también es una variable relacionada y condicionada por algunos de los parámetros evaluados en este trabajo; y para comprender dicha relación, es importante considerar la siguiente definición de la actividad del agua: técnicamente, la a_w se conoce como la relación entre la presión de vapor del agua alrededor del alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura (Mathlouthi, 2001). La a_w del agua pura es 1, y cada adición de sustancias secuestrantes de agua ocasiona que la presión de vapor de agua alrededor del alimento sea menor que la presión de vapor del agua pura, generando que $a_w < 1$ (Gleiter, 2006). Ahora, considerando los anteriores aspectos teóricos en el estudio de la miel de abejas, un producto predominantemente constituido por los monosacáridos glucosa y fructosa, se puede concluir que son estos dos azúcares los principales compuestos fijadores o secuestrantes de agua en este producto (Gleiter, 2006; Chirife, 2006). A medida que la cantidad de sustancias secuestrantes de agua es mayor, la actividad del agua disminuye. De esta forma, los bajos niveles de a_w (cerca de 0,6) que se encontraron para las ocho muestras evaluadas, verifican que esta miel contiene

cantidades superiores de glucosa y fructosa en relación con la cantidad de sacarosa, que tiene un poder secuestrante mas bajo (Chirife, 2006). Así mismo, este resultado también se confirma con los valores del contenido de azúcares encontrados por HPLC, donde los porcentajes de glucosa y fructosa son considerablemente mayores a los de sacarosa (Glucosa 31,43%, Fructosa 32,34%, Sacarosa 4,71%).

Además de su relación con el contenido de azúcares, la actividad del agua también se vincula con la acidez libre. Algunos autores han reportado que la acidez libre aumenta durante la fermentación ya que en este proceso los azúcares y alcoholes de la miel se transforman en ácidos por la acción de las levaduras (Cavia, 2007). De esta manera, si las muestras de miel se hubieran fermentado sería principalmente por la acción de levaduras osmotolerantes; pero como se indicó anteriormente en el análisis de resultados, es difícil que estos microorganismos crezcan en los valores de a_w encontrados. Igualmente, una acidez elevada habría sido perceptible en el análisis sensorial (allí se definió que la miel tuvo un sabor “nada ácido”), ya que se ha encontrado que la miel fermentada tiene tendencia al sabor ácido (Chirife, 2006; Zamora, 2006). Este resultado es nuevamente un indicador de calidad de la miel del Suroeste Antioqueño que corrobora que los niveles de a_w han evitado el aumento de la acidez por efecto de la fermentación.

3. 6 Resultados del proceso de liofilización

Como se describió previamente en la metodología, el proceso de liofilización se desarrolló en dos fases diferentes denominadas Fase 1 y Fase 2. De esta manera, los resultados obtenidos se describen de acuerdo a la fase a la que corresponden:

3.6.1 Resultados de la Fase 1: luego de evaluar 6 concentraciones diferentes (75, 50, 25, 20, 15, 10) % m/v, dos tiempos de congelación (24 y 48h), y dos tiempos de liofilización (24 y 48h), fue posible obtener miel liofilizada a una concentración del 10% m/v, congelando 48h a -80°C, y liofilizando 48h a -84°C. Como resultado se obtuvo un polvo homogéneo, de alta higroscopicidad que se observa en la Figura 5.

En la actualidad son pocas las investigaciones que se han desarrollado en torno a la liofilización de la miel de abejas; y por ello, a través de la revisión bibliográfica no fue posible identificar las condiciones ideales para la obtención de este producto. Aún cuando las dos patentes que se tomaron como referencia para la realización de este trabajo (Slifkin, 1989; Green, 2001) sirvieron como base para fijar ciertos parámetros como la temperatura y los tiempos de liofilización, algunas variables del proceso no se tuvieron en cuenta en estos estudios. De esta manera, para llegar al resultado presentado en la Figura 5 fue necesario emplear una estrategia heurística. Así, se realizaron una serie de ensayos con varias alternativas, descartando sucesivamente aquellos que no arrojaron resultados positivos. Esta prueba se adelantó alrededor de variables como el grado de

concentración, el tiempo de congelación, y el tiempo de liofilización, hasta encontrar dichas condiciones con resultados favorables.

Figura 5. Miel liofilizada en polvo



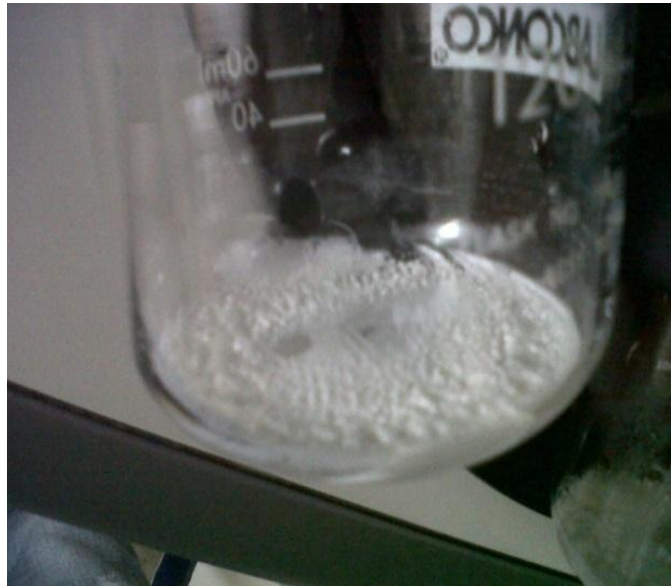
Fuente: Imagen propia

Particularmente para el grado de dilución, todas las concentraciones por encima del 10% m/v fueron descartadas ya que entre las 2 a 3 primeras horas en que se desarrollaba la etapa de liofilización, estas diluciones comenzaban a presentar un comportamiento anormal según los principios de la liofilización, en donde la superficie de cada muestra mostraba un burbujeo similar al que se genera cuando hierve el agua (Ver Figura 6), indicando la presencia de agua líquida en el proceso.

Este burbujeo ha sido estudiado por algunos autores, quienes han definido que se trata de una situación indeseada que se relaciona principalmente con el grado de

congelación del producto y que indica que el agua se encuentra en ebullición (Liu, 2005; Kasper, 2011); y para comprender este incidente resulta necesario aclarar algunos conceptos del proceso de liofilización.

Figura 6. Miel de abejas descongelada durante la liofilización



Fuente: Imagen propia

La congelación ha sido explicada de manera general como una operación en donde la temperatura del alimento se reduce hasta el punto en donde una proporción elevada del agua que contiene cambia de estado formando cristales de hielo (Fellows, 2000). A medida que la temperatura desciende, se va alcanzando la saturación de las distintas sustancias disueltas, que como consecuencia se cristalizan. A la temperatura a la que un cristal de un determinado soluto se halla en equilibrio con el líquido no congelado y el hielo, se le denomina temperatura eutéctica (Fellows, 2000). Para los principales solutos de la miel de abejas que son la glucosa, la fructosa, y la sacarosa, las temperaturas eutécticas

corresponden a -5°C , -9°C , y -14°C respectivamente (Fellows, 2000; Walstra, 2001); donde se puede garantizar que a una congelación que fue llevada a cabo a -80°C en esta investigación, la temperatura de estos solutos principales se encontraba por debajo de su punto eutéctico. El reconocimiento de estas temperaturas resulta trascendental para el proceso de la liofilización ya que se ha reportado que esta operación únicamente ocurre de manera real cuando la temperatura del proceso se encuentra por debajo del punto eutéctico, donde toda el agua presente está solidificada en forma de hielo (Ziegler, 1998; Moreira, 1994). Además, también resulta relevante considerar que con el aumento en la concentración de los solutos, desciende el punto de congelación de la solución (Jennings, 2008); y por consiguiente, es probable que también descienda la temperatura eutéctica, haciendo más difícil la congelación.

Ahora, con la definición de los conceptos anteriores, es posible discutir de forma más clara el burbujeo evidenciado durante la liofilización en las muestras con concentraciones diferentes al 10% m/v. Para ello, es necesario mencionar algunas características en relación a la forma como se efectuó el montaje de la muestras.

La congelación se llevó a cabo en un equipo independiente al equipo de liofilización, ubicado de manera adyacente al mismo. Al momento de llevar cada recipiente con la muestra congelada al liofilizador era inevitable manipularlo por aproximadamente un minuto para colocar los accesorios necesarios que permitirían el ensamblaje con el mismo. Además, entre el montaje de muestra y muestra, existían aproximadamente de 6 a 8 minutos de espera mientras el equipo

alcanzaba a regular el vacío y la temperatura (Ver Figura 7); y entretanto, las muestras permanecían en intercambio de calor con la temperatura del ambiente. De esta forma, si se tiene en cuenta que el volumen de muestra en cada “manifold” contenía una delgada capa de 2ml de la dilución con un espesor de aproximadamente 2mm, donde el calor puede distribuirse rápidamente, es factible que la manipulación, el paso del congelador al liofilizador a temperatura ambiente, y el tiempo mientras el liofilizador estabiliza la temperatura interna con la del producto, generara que la base de la muestra se descongelara en cierta medida, incurriendo en el mismo problema mencionado por Liu y Kasper, donde sólo permanece congelada la parte superior, y con la aplicación de vacío la parte no congelada estalla en ebullición (Liu, 2005; Kasper, 2011). Técnicamente, lo que estaría ocurriendo con la descongelación de esta leve capa de muestra sería el aumento de la temperatura por encima del punto eutéctico, impidiendo que pudiera alcanzarse la liofilización. Además, entre más concentrada se encontraba la solución, la necesidad de mantenerse a temperaturas bajas era aún mayor, profundizando todavía más en el problema.

Figura 7. Montaje de liofilización efectuado



Fuente: Imagen propia

Así pues, la única forma de obtener miel liofilizada bajo las condiciones evaluadas fue con la menor concentración de miel (10% m/v), ya que bajo estas circunstancias la temperatura eutéctica desciende menos que a las demás concentraciones (porque una menor concentración de sólidos hace que el punto de congelación se asemeje más al del agua pura), disminuyendo el efecto de la descongelación que podrían causar los detalles del montaje mencionados previamente.

Ahora, con respecto a los tiempos de congelación y liofilización, se determinó que la congelación debía realizarse en el mayor periodo de tiempo evaluado (48h) para garantizar una completa formación de los cristales de hielo, la cual era verificable según el color de la muestra (amarillo = descongelado y blanco = congelado); y en el caso de la liofilización, el producto presentó una apariencia más seca a las 48h

que a las 24h, verificable por la presencia de una película blanca uniforme de aspecto de polvo.

3.6.2 Resultados de la Fase 2:

Como se mencionó en la fase anterior, fue posible obtener miel liofilizada a una concentración del 10% m/v, y congelando y liofilizando por 48 horas. Se llegó a esta conclusión por la apariencia física del producto liofilizado bajo estas condiciones. Según indica Barbosa, los procesos de liofilización son realmente exitosos cuando se garantiza la eliminación de agua por sublimación. Sin embargo, cuando el agua se elimina por una combinación de sublimación y evaporación, se producen sustancias gomosas (Barbosa, 2000). En el caso particular de este trabajo, una vez se habían cumplido las 48 horas de liofilización, el producto presentaba un aspecto completamente seco, en ausencia total de algún tipo de gomosidad; lo cual garantiza la eliminación del agua únicamente por sublimación. No obstante, esta apariencia se conservaba mientras los recipientes de liofilización (manifold) se encontraban aún sellados y el producto no había sido extraído. Una vez que los recipientes eran destapados y la muestra entraba en contacto con el aire del ambiente, el polvo comenzaba a ganar humedad rápidamente y en cuestión de aproximadamente 5 minutos, la compactación era inevitable. Es en este punto donde resulta necesario detener la alta higroscopicidad del producto liofilizado, evaluando Maltodextrina y Sipernat 22s como aditivos estabilizantes; y es por esta razón que se constituye entonces la segunda fase de la liofilización, denominada Fase 2.

Uno de los mayores inconvenientes de la deshidratación de la miel de abejas se debe principalmente a su compactación, la cual se le atribuye a los altos contenidos de azúcar en este alimento (Umesh, 2008; Nurhadi, 2012; Mosquera, 2010; Fabra, 2011). La compactación o pegajosidad de los compuestos azucarados se encuentra asociada a su baja temperatura de transición vítrea (Tg), que es la temperatura en la que ocurre un cambio físico del material, pasando de un estado vítreo (sólido) a gomoso por efecto del calor, de la humedad, o de otras sustancias que actúan igual que el agua como plastificantes (Celeghin, 2002). Los azúcares predominantes en la miel de abejas, fructosa y glucosa, presentan valores bajos de Tg que hacen difícil la deshidratación del producto por sí solo, y por ello, se deben añadir aditivos con valores altos de Tg para facilitar este proceso. De esta forma, uno de los aditivos más usados en la industria de alimentos para elevar la temperatura de transición vítrea de los productos deshidratados por medio de la liofilización es la Maltodextrina (Umesh, 2008; Nurhadi, 2012; Mosquera, 2010; Fabra, 2011); y por ello se eligió para este trabajo como un agente que podría impedir la ganancia de humedad. La Maltodextrina es un estabilizante que posee un elevado valor de Tg y que se obtiene como un derivado del almidón del maíz.

Desde el punto de vista experimental, para la adición de Maltodextrina se evaluaron dos cantidades diferentes, 0,2g y 0,5g en 100ml de solución de miel y agua destilada. Estas cantidades se definieron de acuerdo a otros estudios en el área de alimentos donde se ha trabajado la adición de este componente en

proporciones similares (Mosquera, 2010). Como resultado de la incorporación de este aditivo en cada una de las diluciones de miel preparadas, se observaron cambios poco significativos en cuanto al grado de compactación del producto liofilizado. Las diluciones que contenían 0,2g presentaron un comportamiento igual a la miel de abejas liofilizada sin adición de algún tipo de estabilizante, aglutinándose rápidamente al cabo de 5 minutos. Por su parte, aún cuando las diluciones con 0,5g lograron extender la estabilidad del producto, de 5 minutos a 3 horas aproximadamente, luego de este periodo de tiempo el polvo liofilizado nuevamente ganaba humedad, y las partículas del producto se adherían unas a otras conformando una masa sólida pegajosa.

Por tal motivo, se tomó la decisión de evaluar un nuevo tipo de estabilizante, denominado Sipernat 22s. Este aditivo es un agente antiaglutinante que envuelve cada una de las partículas del polvo, separándolas, y reduciendo las fuerzas de cohesión entre las mismas, según registros del fabricante. Desde el punto de vista bibliográfico no se tiene reporte del uso de Sipernat 22s en la miel de abejas en polvo; sin embargo, algunos estudios mencionan el uso de diferentes agentes antiaglutinantes para mejorar las características de deshidratación en los alimentos (Umesh 2008, Nurhadi, 2012). A diferencia de la Maltodextrina, la función del Sipernat no es elevar la temperatura de transición vítrea, sino encapsular cada una de las partículas del polvo para aislarlas de la humedad, y por consiguiente, reducir el grado de higroscopicidad. Dado que no se tienen registros de la implementación de este componente en la miel de abejas, fue

evaluado en las mismas cantidades en que se adicionó la Maltodextrina (0,2g y 0,5g). El resultado de la adición de esta sustancia no fue más favorable que la adición de Maltodextrina, ya que al cabo de los primeros 5 minutos en que el recipiente de liofilización era destapado, el producto liofilizado igualmente se compactaba, en ausencia de algún tipo de resultado positivo.

De esta forma, ninguno de los dos estabilizantes evaluados condujo a una conclusión favorable en torno a la estabilidad de la miel de abejas en polvo como un producto liofilizado. No obstante, el mejor resultado de la realización de esta fase, tuvo lugar en la adición de 0,5g de Maltodextrina a 100ml de una solución de miel de abejas concentrada al 10% m/v; donde fue posible extender la estabilidad del producto por aproximadamente 3 horas. Esta estabilidad fue comprobada visualmente, donde se observó que el producto obtenido permanecía sin compactación alguna, con un aspecto de polvo.

3.7 Protocolo para la liofilización de miel de abejas

Con base en los resultados descritos anteriormente para la liofilización de la miel de abejas, la Tabla 15 se presenta a manera de guía técnica para el desarrollo de esta operación.

Tabla 15. Guía técnica para la liofilización de miel de abejas

GUÍA TÉCNICA PARA LA LIOFILIZACIÓN DE MIEL DE ABEJAS	
Nombre del producto	Miel de abejas liofilizada
Descripción	Es un producto en polvo que se obtiene mediante la eliminación del agua que contiene la miel de abejas de manera natural y que conserva las propiedades características del producto original como su sabor y olor
Técnica de obtención	Liofilización
Equipo de liofilización	Es un liofilizador Labconco de referencia 793402 que utiliza una presión de vacío de 0.008mbar y una temperatura de condensación de -84°C. Este equipo posee un compartimiento superior para liofilizar en bandejas, así como seis salidas que permiten liofilizar en pequeños recipientes de vidrio denominados manifold
Protocolo de elaboración	
a. Preparación de la solución	En un matraz de 100 ml adicionar 10 g de miel en su estado natural
b. Adición de estabilizante*	En el matraz anterior adicionar igualmente 0,5 g de maltodextrina en polvo
c. Dilución	Completar el volumen del matraz adicionando 100 ml de agua destilada y agitar hasta alcanzar una mezcla homogénea
c. Congelación	En cada recipiente de liofilización (manifold) de 120 ml, adicionar 2 ml de la solución preparada y llevar a congelación por 48 h a -80°C
d. Liofilización	Efectuar la liofilización por 48 h a una presión de vacío constante de 0,008 mbar y a una temperatura de condensación constante de -84°C
Limitaciones del producto	
*Uno de los mayores inconvenientes de la deshidratación de la miel de abejas se debe principalmente a su compactación, la cual se le atribuye a los altos contenidos de azúcar en este alimento. Los principales azúcares de la miel que son fructosa y glucosa, poseen una baja temperatura de transición vítrea (Tg) que es la responsable de dicha compactación o pegajosidad. Para elevar esta Tg resulta necesario añadir aditivos como la maltodextrina para alcanzar finalmente la estabilidad del producto (Umesh, 2008; Nurhadi, 2012; Mosquera, 2010; Fabra, 2011). No obstante, bajo las condiciones evaluadas no fue posible obtener una estabilidad prolongada del producto deshidratado por un tiempo superior a tres horas	
Recomendaciones	
De acuerdo a las limitaciones mencionadas, resultaría interesante evaluar otros tipos de estabilizantes que reduzcan la higroscopicidad del producto liofilizado	

CONCLUSIONES

De acuerdo con los parámetros de caracterización evaluados, es posible presentar la miel de abejas del Suroeste Antioqueño como un producto de calidad en términos de la Resolución 1057, ya que los resultados de algunas variables como la humedad, la acidez libre, el contenido de azúcares, y la rotación específica, son indicadores de un proceso de producción, extracción, y procesamiento que se ha llevado a cabo de manera ideal por los apicultores de la región. Se ha encontrado que algunos de estos parámetros definen características específicas de la miel de abejas del Suroeste. Particularmente, los resultados de un pH inferior a 4 indican que esta miel es principalmente de origen floral; el contenido de azúcares ha mostrado una cantidad ideal de sacarosa, evidenciando un producto no adulterado; el valor de acidez libre enseña una miel de abejas en estado de fresca; y el contenido de humedad y la actividad del agua son indicadores de un alimento poco propenso al ataque microbiano.

En relación al proceso de liofilización, fue posible obtener miel liofilizada en polvo en una dilución concentrada al 10% m/v, congelando por 48 horas, y liofilizando igualmente por 48 horas. Las concentraciones superiores al 10% m/v fueron descartadas, ya que bajo estas condiciones el producto entraba en ebullición indicando la presencia de agua líquida en el proceso. Con respecto a los estabilizantes evaluados, Maltodextrina y Sipernat 22s, ninguno de los dos resultó favorable para impedir la ganancia de humedad por parte del producto liofilizado;

aunque sí se observó una estabilidad de por lo menos 3 horas cuando se emplearon 0,5g de Maltodextrina a esta concentración del 10% m/v.

Mediante un análisis sensorial efectuado en un panel de 39 no expertos, se encontró que la miel del Suroeste Antioqueño es de color ámbar, aroma agradable, textura extremadamente fina, y presenta un sabor ligeramente intenso que es dulce, nada ácido, y ligeramente amargo. Además, al evaluar su aceptabilidad general, fue considerada como aceptable.

RECOMENDACIONES

Como han indicado diversos autores, resulta evidente que la liofilización de productos con alto contenido de azúcares es un tema de alta complejidad. Aún cuando fue posible obtener el producto liofilizado, lograr la estabilidad del mismo en el tiempo continua presentando un reto. Por esta razón, resultaría interesante evaluar otros tipos de estabilizantes, como Carboximetilcelulosa o algunas combinaciones con Maltodextrina para lograr un producto en polvo con características de estabilidad ideales. Además, con el objetivo de alcanzar un producto liofilizado a concentraciones mayores, podría considerarse un proceso de liofilización en donde la congelación y la liofilización se lleven a cabo en un mismo equipo, para evitar que la manipulación y el contacto con la temperatura ambiente descongelen las muestras y la miel estalle en ebullición.

BIBLIOGRAFÍA

ADELAIDE BOSS Edinara; MACIEL FILHO Rubens; COSELLI VASCO DE TOLEDO Eduardo. Freeze drying process: real time model and optimization. En: Chemical Engineering and Processing 43, 2004; p. 1475-1485.

ANNA'S HONEY. Empresa Norteamericana. [En línea]. [Consulta: Diciembre 21/2011]. Disponible en: <<http://www.annashoney.com/Honey/Creamed-Honey.html>>

APINAL. Empresa colombiana. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: <<http://apinal.com.co/shampoo-base-miel-abejas-floramie/>>

ARRIOLA GUEVARA E; GARCIA HERRERA T; GUATEMALA MORALES G.M; NUNGARAY ARELLANO J; GONZALEZ REYNOSO O; RUIZ GOMEZ J.C. Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2006, Vol. 5, p. 51-56.

AZEREDO L. da C; AZEREDO M.A.A; DE SOUZA S.R; DUTRA V.M.L. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. En: Food Chemistry 80, 2003; p. 249-254.

BARBOSA-CÁNOVAS Gustavo; VEGA-MERCADO Humberto. Deshidratación de alimentos. España: Editorial ACRIBIA, S.A, 2000. p. 203-207.

BARBOSA-CÁNOVAS Gustavo; FONTANA J. Anthony; SCHMIDT J. Shelly; LABUZA P. Theodore. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Estados Unidos: Blackwell Publishing, 2007.p. 173-359.

BASAEZ R. Luis. ¿Qué es el pH?: Formas de medirlo. En: Revista Ciencia Ahora, nº23, 2009, p.59-62.

BOGDANOV, Stefan. Harmonised methods of the International Honey Commission. En: International Honey Commission, 2002; p. 1-62.

BOGDANOV Stefan. Honey as nutrient and functional food. Book of Honey, capítulo 8. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: <<http://www.bee-hexagon.net/files/file/fileE/HealthHoney/8HoneyNutrientFunctionalReview.pdf>>

CAVIA, M.M; FERNANDEZ-MUIÑO; GOMEZ-ALONSO E; MONTES.PERES M.J; HUIDOBRO J.F; SANCHO M.T. Evolution of fructose and glucose in honey over

one year: influence of induced granulation. En: Food Chemistry 78, 2002; p. 157-161.

CAVIA, M.M; FERNANDEZ-MUIÑO; GOMEZ-ALONSO E; MONTES.PERES M.J; HUIDOBRO J.F; SANCHO M.T. Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. En: Food Chemistry 100, 2007; p. 1728-1733.

CELEGHIN Adelina; RUBIOLO Amelia. Variación de la transición vítrea de sistemas azucarados con la composición y las condiciones de almacenamiento. En: FABICIB, 2002, Vol. 6; p. 139-145.

CIFUENTES Adriana M; GARCÍA Gloria L. Evaluación de la calidad de la miel de abejas procedente de la zona cafetera del Suroeste Antioqueño. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, 1987, 106 págs.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Codex Norma para miel. Codex Alimentarius, 1981.

CORBELLA E; COZZOLINO D. Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. En: LWT 39, 2006; p. 534-539.

COSTA L.S.M; ALBUQUERQUE M.L.S; TRUGO L.C; QUINTEIRO L.M.C; BARTH O.M; RIBEIRO. M; DE MARIA C.A.B. Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys. En: Food Chemistry 65, 1999; p. 347-352.

COSTELL Elvira. El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. [En línea]. [Consulta: Mayo 13/2011]. Disponible en:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/5729/1/IATA_AGROCSIC_Analisis.pdf>

DARDÓN María; ENRÍQUEZ Eunice. Caracterización fisicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón (Meliponini) de Guatemala. En: Interciencia, 2008; p. 916-922.

EPULLEN. Empresa chilena. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: < <http://www.epullen.cl/productos/honey-cacao/tarro/>>

EPULLEN. Empresa Chilena. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: < <http://www.epullen.cl/productos/honey-jelly/>>

FABRA María; MÁRQUEZ Eliosbel; CASTRO Débora; CHIRALT Amparo. Effect of maltodextrins in the water-content-water activity-glass transition relationships of noni (*Morinda citrifolia* L.) pulp powder. En: Journal of Food Engineering 103, 2011, p. 47-51.

FELLOWS Peter. Tecnología del procesado de los alimentos: principios y práctica. España: Editorial ABRIBIA, 2000. 689 p.

FEÁS Xesús; PIRES José; IGLESIAS Antonio; ESTEVINHO M. Leticia. Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. En: Food and Chemical Toxicology 48, 2010; p. 3462-3470.

FINOLA Mónica; LASAGNO Mirta; MARIOLI Juan. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. En: Food Chemistry 100, 2007; p. 1649-1653.

FUNDACIÓN PRODUCE YUCATÁN. Elaboración de productos a base de miel de abeja. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: < <http://www.fpy.org.mx/index.php?id=productosabasedemiel>>

GLEITER R.A; HORN H; ISENGARD H.-D. Influence of type and state of crystallization on the water activity of honey. En: Food Chemistry 96, 2006; p. 441-445.

GOMES Susana; DIAS Luis; MOREIRA Leandro; RODRIGUES Paula; ESTEVINHO Leticia. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. En: Food and Chemical Toxicology 48, 2010; p. 544-548.

GREEN Rick, (2001). *US Patent 7101582*. Dried honey enriched with volatile honey compounds. PatentStorm LLC.

GULER Ahmet; BAKAN Ayse; NISBET Cevat; YAVUZ Oguzhan. Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum officinarum*) syrup. En: Food Chemistry 105, 2007; p. 1119-1125.

GUTIÉRREZ DUCONS Juan Luis. Áreas Consultor Didáctico: Física y Química. Colombia: Editorial Planeta, S.A, Ed. 1991. p.210

HAMMAMI Chokri; RENÉ Frédéric. Determination of freeze drying process variables for strawberries. En: Journal of Food Engineering 32, 1997; p. 133-154.

HERNANDEZ O.M; FRAGA J.M.G; JIMENEZ A.I; JIMENEZ F; ARIAS J.J. Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. En: Food Chemistry, 2005, p. 449-458.

HAMMAMI Chokri; RENÉ Frédéric. Determination of Freeze-drying Process Variables for Strawberries. En: Journal of Food Engineering 32, 1997, p. 133-154.

HONEY COSMETICS. Empresa Inglesa. [En línea]. [Consulta: Diciembre 21/2011]. Disponible en: <<http://www.honeycosmetics.co.uk/products-for-men/after-shave-balm>>

HONEY STINGER. Pure natural energy. Empresa Norteamericana. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: <<http://shop.honeystinger.com/categories/Energy-Bars/>>

ISLA M. Inés; CRAIG Ana; ORDOÑEZ Roxana; ZAMPINI Catiana; SAYAGO Jorge; BEDASCARRASBURE Enrique; ÁLVAREZ Alejandro; SALOMÓN Virginia; MALDONADO Luis. Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina. En: Food Science Technology 44, 2011, p. 1922-1930.

IURLINA Miriam; FRITZ Rosalia. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. En: International Journal of Food Microbiology 105; 2005, p. 297-304.

JARAMILLO Luz Marina. Curso de Química General. [En línea]. [Consulta: Abril 22/2012]. Disponible en: <<http://objetos.univalle.edu.co/files/Estereoquimica.pdf>>

JENNINGS Thomas. Lyophilization. Introduction and Basic Principles. Estados Unidos: Editorial Informa Healthcare USA, Inc., 2008; 646 p.

KASPER Julia; FRIESS Wolfgang. The freezing step in lyophilization: physico-chemical fundamentals, freezing methods and consequences on process performance and quality attributes of biopharmaceuticals. En: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 78; 2011, p. 248-263.

KRELL Rainer. Value-added products from beekeeping. FAO agricultural services bulletin N° 124, 1996. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Capitulo 2.

LIU Yongzhong; ZHAO Yanfei; FENG Xiao. Exergy analysis for a freeze-drying process. En: Applied Thermal Engineering 28, 2008; p. 675-690.

LIU Jinsong; VIVERETTE Todd; VIRGIN Marlin; ANDERSON Mitch; DALAL Paresh. A study of the impact of freezing on the lyophilization of a concentrated formulation with a high fill depth. En: Pharmaceutical Development and Technology 10; 2005, p. 261-272.

MANRESA GONZÁLEZ Ada. Clasificación de mieles de abeja uniflorales mediante propiedades químicas, físicas y sensoriales. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de los Alimentos. La Habana: Universidad de La Habana. Departamento de alimentos, 2005, 106 págs.

MATHLOUTHI Mohamed. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. En: Food Control 12, 2001; p. 409-417.

MATOK. Cosmética Natural Apiterapéutica. Empresa argentina. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: <<http://www.productosmatok.com.ar/?q=node/59#>>

MEDIBEE. Empresa Inglesa. [En línea]. [Consulta: Diciembre 21/2011]. Disponible en: <<http://www.medibee.co.uk/biohoney.php>>

MIEL CETA. Empresa argentina. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: <<http://www.mielceta.com.ar/index2.html>>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas. [En línea]. [Consulta: Abril 25/2011]. Disponible en: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/cadena_productiva_de_abejas_y_apicultura.pdf

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución número 1057 del 23 de Marzo del 2010, Bogotá. p.5.

MONTENEGRO G; PIZARRO R; AVILA G; CASTRO R; RIOS C; MUÑOZ O; BAS F; GOMEZ M. Origen botánico y propiedades químicas de las mieles de la región mediterránea de Chile. En: Ciencia e Investigación Agraria, 2003, Vol. 30, p. 160-163.

MONTENEGRO Gloria; GOMEZ Miguel; PIZARRO Rodrigo; CASAUBON Gerard; PEÑA C. Raúl. Implementación de un panel sensorial para mieles chilenas. En: Ciencia e Investigación Agraria, 2008, Vol. 35, p. 51-58.

MOREIRA Tomás; GUTIERREZ Aurora; DELGADO Herminia. Aspectos físicos relacionados con los aditivos en el proceso de liofilización. Papel relevante de los carbohidratos. En: Biotecnología Aplicada Vol 11, 1994; p. 113-118.

MOSQUERA L.H; MORAGA G; MARTINEZ-NAVARRETE N. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojó (*Borojoa Patinoi* Cuatrec.) powder. En: Journal of Food Engineering 97, 2010; p. 72-78.

Norma Técnica Colombiana 1273 para la miel de abejas. [En línea]. [Consulta: Abril 25/2011]. Disponible en: <<http://www.apinetla.com.ar/ar/mercados/norma%20colombiana.PDF>>

NURHADI B; ANDOYO R; MAHANI and ROSIO INDIARTO. Study of the properties of honey poder produced from spray drying and vacuum drying method. En: International Food Research Journal 19, 2012; p. 907-912.

OJEDA DE RODRIGUEZ Graciela; SULBARÁN DE FERRER Betzabé; FERRER Alexis; RODRIGUEZ Belkis. Characterization of honey produced in Venezuela. En: Food Chemistry, 2004, p. 499-502.

OUCHEMOUKH Salim; LOUAILECHE Hayette; SCHWEITZER Paul. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. En: Food Control 18, 2007, p. 52-58.

PARDO GARCÍA Ángela. Descubra el Poder de la Miel. 1ª Ed. Buenos Aires: Grupo Imaginador de Ediciones, 2005. 128 p.

PIANA María; PERSANO Livia; BENTABOL Antonio; BRUNEAU Etienne; BOGDANOV Stefan; GUYOT Christine. Sensory analysis applied to honey: state of the art. En: Apidology 35, 2004; p. 26-37.

PRONARA. Empresa Mexicana. [En línea]. [Consulta: Julio 2/2011]. Disponible en: < <http://www.pronara.com.mx/jabon.php> >

RAMIREZ NAVAS Juan Sebastián. Liofilización de alimentos. Ed. 2006. Colombia: Editorial Recitela. 31 p.

RATTI C. Hot air and freeze drying of high value foods: a review. En: Journal of Food Engineering, 2001, p. 311-319.

ROUESSAC Francis; ROUESSAC Annick. Análisis Químico: Métodos y Técnicas Instrumentales Modernas. España: Ed. Mc Graw Hill, 2003. p. 57-58.

SALAMANCA Guillermo. Criterios Relativos al Análisis Sensorial de mieles. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Básicas. Ibagué, Tolima-Colombia. En: [www. Beekeeping.com/articulos](http://www.beekeeping.com/articulos); s.a. p. 1-14.

SALAMANCA Guillermo; SERRA J.A. Estudio analítico comparativo de las propiedades fisicoquímicas de mieles de *Apis mellifera* en algunas zonas apícolas de los departamentos de Boyacá y Tolima. [En línea]. Disponible en: <http://www.beekeeping.com/articulos/salamanca/estudio_comparativo.htm> [Consulta: Enero 23/2013].

SALAMANCA G; PÉREZ F.C; SERRA B.J.A. Determinación de la actividad de agua en mieles colombianas de las zonas de Boyacá y Tolima. [En línea]. Disponible en: <http://www.beekeeping.com/articulos/salamanca/actividad_agua.htm> [Consulta: Enero 26/2013].

SLIFKIN Malcolm, (1989). *Free Patents Online No 4885035*. Method of crystallization of honey. Free Patents Online.

SNOWDON Jill; CLIVER Dean. Microorganisms in honey. En: International Journal of Food Microbiology 31, 1996; p. 1-26.

SUBRAMANIAN R; UMESH H; RASTOGI N.K. Processing of honey: a review. En: International Journal of Food Properties 10, 2007; p. 127-143.

UMESH H; RASTOGI N.K; SUBRAMANIAN R. Properties of dried and intermediate moisture honey products: a review. En: International Journal of Food Properties 11, 2008; p. 804-819.

UREÑA, Mauricio; ARRIETA, Esteban; UMAÑA Eduardo; ZAMORA Luis; ARIAS María. Evaluación de la posible adulteración de mieles de abeja comerciales de

origen costarricense al compararlas con mieles artesanales provenientes de apiarios específicos. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición), Vol. 57 N° 1, 2007; p. 63-68.

VILLALOBOS CRUZ Margy. Sociedad Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Evaluación Sensorial de Alimentos. Curso Básico Teórico-Práctico. Métodos de Evaluación y sus Resultados. Noviembre 17al 19 de 1994. Bogotá.

VELARDI Salvatore; BARRESI Antonello. Development of simplified models for the freeze-drying process and investigation of the optimal operating conditions. En: Chemical Engineering Research and Design 86, 2008; p. 9-22.

VERA SOLÍS Felipe Manuel. La Tendencia de los Alimentos Funcionales. [En línea]. [Consulta: Marzo 12 de 2010]. Disponible en: <<http://www.alfa-editores.com/alimentaria/Sep-Oct%2006/Alimentos%20Funcionales.pdf>>

WALSTRA Pieter. Physical Chemistry of Foods. Estados Unidos, New York: Editorial Marcel Dekker, Inc., 2001; 732 p.

ZANDAMELA MUNGÓI Eduarda M. Flora. Caracterización Físico-química y Evaluación Sanitaria de la Miel de Mozambique. Tesis doctoral en Veterinaria. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Veterinaria. Departament de Ciència Animal i dels Aliments, 2008, 290 h.

ZAMORA María; CHIRIFE Jorge. Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina. En: Food Control 17, 2006; p. 59-64.

ZIEGLER Erich; ZIEGLER Herta. Flavourings: Production, Composition, Applications, Regulations. Alemania: Editorial Wiley-VCH, 1998; 710 p.

ANEXO 1

La Tabla Chataway describe la relación entre el contenido de agua de la miel de abejas y el índice de refracción referido a 20°C. Los valores se leen realizando una interpolación lineal.

Contenido de agua g/100g	Índice de refracción a 20°C	Contenido de agua g/100g	Índice de refracción a 20°C
13.0	1.5044	19.2	1.4885
13.2	1.5038	19.4	1.4880
13.4	1.5033	19.6	1.4875
13.6	1.5028	19.8	1.4870
13.8	1.5023	20.0	1.4865
14.0	1.5018	20.2	1.4860
14.2	1.5012	20.4	1.4855
14.4	1.5007	20.6	1.4850
14.6	1.5002	20.8	1.4845
14.8	1.4997	21.0	1.4840
15.0	1.4992	21.2	1.4835
15.2	1.4987	21.4	1.4830
15.4	1.4982	21.6	1.4825
15.6	1.4976	21.8	1.4820
15.8	1.4971	22.0	1.4815
16.0	1.4966	22.2	1.4810
16.2	1.4961	22.4	1.4805
16.4	1.4956	22.6	1.4800
16.6	1.4951	22.8	1.4795
16.8	1.4946	23.0	1.4790
17.0	1.4940	23.2	1.4785
17.2	1.4935	23.4	1.4780
17.4	1.4930	23.6	1.4775
17.6	1.4925	23.8	1.4770
17.8	1.4920	24.0	1.4765
18.0	1.4915	24.2	1.4760
18.2	1.4910	24.4	1.4755
18.4	1.4905	24.6	1.4750
18.6	1.4900	24.8	1.4745
18.8	1.4895	25.0	1.4740
19.0	1.4890		

ANEXO 2

Procedimiento matemático para convertir los g/L de glucosa, fructosa, y sacarosa en valores porcentuales. Este procedimiento debe realizarse de manera individual para cada valor en g/L arrojado por el HPLC. En la ecuación, X representa cada uno de estos valores, Y es el resultado de la primera operación, y Z es finalmente la cantidad de cada azúcar evaluada expresada en porcentaje.

$$100 \text{ ml de agua desionizada} + \left(1 \text{ g de miel} \times \left(\frac{1 \text{ ml}}{1.4 \text{ g}} \right) \right) = 100.71428 \text{ ml de solución}$$

$$\frac{X \text{ g del azúcar}}{1000 \text{ ml de solución}} \times \frac{100.71428 \text{ ml de solución}}{1 \text{ g de miel}} = \frac{Y \text{ g del azúcar}}{\text{g de miel}} \times 100 = Z\%$$