

Análisis de la cristalización de la miel de abeja como indicativo de su pureza

Analysis of the bee honey crystallization as an indication of its purity¹

Jonathan Santiago Proaño Varela
<https://orcid.org/0000-0001-9686-0328>
jproano@umet.edu.ec²

Universidad Metropolitana, Quito- Ecuador

Pablo Marcelo Espinoza Carriel
<https://orcid.org/0000-0002-0127-2759>
carrielespinoza@gmail.com³

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

¹ Manuscrito recibido el 30 de abril del 2022, y aceptado tras revisión editorial y de pares doble ciego el 02 de julio del 2022. Kalpana-Revista de Investigación. no. 22. Publicación Semestral (julio-2022) ISSN-e: 2661-6696 ISSN: 1390-5775.

² Magister en Gestión de Turismo, docente a tiempo completo de la carrera de Hotelería y Turismo en la Universidad Metropolitana-Ecuador.

³ Magister en Gestión del turismo, Docente tiempo completo, en la Universidad de las Fuerzas Armadas-Ecuador.

Resumen

La controversia sobre la pureza de la miel de abeja influye en la comercialización y en el juicio de valor de esta; solamente mediante análisis de laboratorio se determinan parámetros precisos para determinar tanto su pureza, así como la calidad y origen. La presente investigación hace una revisión bibliográfica con su respectivo análisis de los resultados en investigaciones experimentales acerca de los parámetros de calidad de la miel de abeja para comprender la base científica sobre las características fisicoquímicas y determinar los fenómenos entorno a ello y de esa manera contribuir con los estudios en el área gastronómica. Se acude a un enfoque cualitativo, mediante la recolección de fuentes bibliográficas y posterior análisis comparativo en el marco de la composición fisicoquímica de la miel de abeja, enfatizando su cristalización. Se indagan los parámetros de calidad de la miel, como son el color y la cristalización, así como aspectos sanitarios, como la presencia de microorganismos y/o de residuos químicos como la actividad diastásica y el contenido en hidroximetilfurfural (HMF), y en torno a la cristalización, se analizan los distintos factores como la ratio Fructosa/Glucosa (F/G) o la ratio Glucosa/Humedad (G/H), y la temperatura de almacenamiento, así como la presencia de partículas insolubles, entre otros. Se concluye que la cristalización de la miel sucede de forma natural, con la incidencia de ciertos factores fisicoquímicos como la humedad, presencia de oxígeno, sólidos en suspensión, así como los parámetros que influyen en la calidad de la miel que están influenciados por las proporciones o ratios de azúcares, por la humedad y temperatura de almacenamiento y por la presencia de partículas insolubles, entre otros.

Palabras clave: Miel de abeja, cristalización, pureza, *Apis mellifera*.

Abstract

The dispute over the purity of bee honey influences the marketing and value judgement of honey; only by means of laboratory analysis are precise parameters determined to determine its purity, quality, and origin. The present research makes a bibliographical revision with its respective analysis of the results of experimental research about the quality parameters of bee honey to understand the scientific basis about the physical-chemical characteristics of honey and to determine the phenomena around it and in this way contribute to the studies in the gastronomic area. A qualitative approach is used, through the collection of bibliographical sources and subsequent comparative analysis within the framework of the physico-chemical composition of honey, emphasising its crystallisation. Honey quality parameters such as colour and crystallisation are investigated, as well as sanitary aspects such as the presence of microorganisms and/or chemical residues such as diastatic activity and hydroxymethylfurfural (HMF) content. Regarding crystallisation, different factors such as Fructose/Glucose (F/G) or Glucose/Humidity (G/H) ratio, storage temperature and the presence of insoluble particles, among others, are analysed. It is concluded that honey crystallisation occurs naturally, with the incidence of certain physicochemical factors such as the humidity, presence of oxygen, suspended solids, as well as the parameters that influence the quality of the honey, which are influenced by the proportions or ratios of sugars, by the humidity and temperature of storage and by the presence of insoluble particles, among others.

Keywords: Bee honey, crystallization, purity, *Apis mellifera*.

Introducción

La pureza de la miel de abeja es sin duda, uno de los aspectos más complejos al momento de comprarla. Según el imaginario colectivo, cuando una miel de abeja se cristaliza, es un signo de adulteración, no obstante, existen personas que afirman que la miel de abeja que no se ha cristalizado, está adulterada (no es pura). El desconocimiento ha originado una serie de elementos de juicio y valor a la miel en torno a su pureza, ya que, a nivel mundial, la adulteración de la miel de abeja es un fenómeno creciente debido a que es una actividad altamente rentable para las empresas que envasan miel adulterada. De acuerdo con el documental Rotten, la demanda de miel de abeja con relación a la producción es mucho menor, ya que se muestra claramente que la cría industrializada de abejas para producción de miel da lugar a su adulteración, y se define como un delito, al hecho de “obligar a alguien a pagar el doble por un producto que no es el que dice en la etiqueta” (Kennedy, 2018).

La miel de abeja se constituye en la reserva de alimento que tienen las abejas guardado en las colmenas, alimento que elaboran principalmente durante el período de floración que, en los países estacionales se da durante la primavera y el verano y en las zonas tropicales, en el período de floración que corresponda. La actividad de recolección de miel por parte del hombre se da hace miles de años y hoy por hoy, se puede medir la producción en granjas apícolas con un volumen de 13 kilos por semana en temporada alta para una colonia de 50,000 abejas, donde una abeja trabajadora, en su tiempo de vida de 40 días, puede producir menos de una cucharada de miel (Kennedy, 2018).

La importancia creciente de consumir productos naturales y la conciencia de los consumidores por dejar de consumir azúcar, ha incrementado el consumo de miel de abeja alrededor del mundo en cantidad que ha incrementado a más de 1'825,752 toneladas al año, (Ministerio de Agroindustria de Argentina, 2018), cantidad que desencaja del nivel de producción; por ejemplo, en EEUU la producción es menor a 68,000 Igual que el anterior toneladas, frente a 20,000 toneladas que se consumen, lo que constituye en el doble de miel importada que la producida en ese país. La diferencia entre la producción y el consumo se equilibra con la importación, lo que implica un gran trabajo al momento de evaluar su pureza en laboratorios certificados, ya que cada vez es más difícil identificar la adulteración, pues existen muchos métodos de alteración de la miel, especialmente con la dilución de ésta con jarabes baratos de azúcar, hecho que es penado por las leyes estadounidenses.

En el Ecuador, el análisis de microbiología para evaluar la pureza o adulteración de la miel se hace por las grandes empresas que compran directamente a los apicultores, para asegurarse de tener un producto puro, análisis que se hace de modo aleatorio a cada uno de los productores, teniendo como pena, la suspensión del contrato con los apicultores. Pero para el consumidor de miel, resulta muy difícil identificar la pureza de

la miel, por lo que se ha acudido a elementos de juicio coloquiales para decir si una miel es pura o adulterada, por ejemplo, la cristalización de la miel.

El presente análisis, pretende, mediante fuentes científicas, proveer de elementos de juicio confiables para desmitificar las afirmaciones de si la miel pura, debe o no cristalizarse y mostrar las características fisicoquímicas de la miel de diferentes tipos de abeja y zonas geográficas. Conocer los aspectos técnicos sobre la cristalización de la miel, permitirán entender que dicho proceso es natural y existen diferentes aspectos a tomar en cuenta al momento de elegir comprar los distintitos tipos de miel.

Marco teórico

La miel de abeja

“La miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* o por diferentes subespecies, a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extra florales que las abejas liban, transportan, transforman, combinan con otras sustancias, deshidratan, concentran y almacenan en panales” (Ulloa, 2010, pág. 1)

La principal materia prima de la miel es el néctar recogido de las flores, que lo producen para atraer a insectos y pájaros polinizadores. Otras fuentes secundarias son los nectarios de otras partes de las plantas; la composición química del néctar varía mucho – teniendo como principales ingredientes, azúcares como la sacarosa, fructosa y glucosa-. (Mc Gee, 2014), así como en otras sustancias, tales como ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas procedentes de la recolección de la miel. El color de la miel puede ir de un tinte casi incoloro a pardo oscuro. Puede tener una consistencia fluida, espesa o cristalizada en parte o en su totalidad. El gusto y el aroma varían, pero dependen del origen vegetal. (Pierre, 2007). Los diferentes tipos de miel contienen diferentes azúcares que cambian según el origen del néctar y de otras sustancias en cantidades mínimas, como las sales minerales, las vitaminas, las proteínas y los aminoácidos. De acuerdo con la FAO (2005), los azúcares disueltos en la miel representan el 85% de la materia sólida y están conformados por dos simples (glucosa y fructosa) y más de 25 compuestos, formados por la combinación de los azúcares simples.

Tabla 1. Azúcares presentes en la miel de abeja

Monosacáridos	Disacáridos	Trisacáridos	Sacáridos complejos
Glucosa	Gentibiosa	Centosa	somaltopentosa
Fructosa	Isomaltosa	Eriosa	Isomaltotetraosa
	Maltosa	Isomaltotriosa	
	Maltulosa	Isopanos	
	Nigerosa	Laminaritriosa	
	Palatinosa	Maltotriosa	
	Sacarosa	Melezitosa	
	Turalosa	Panosa	

Elaborado por los autores. Fuente: (Ulloa, 2010)

El néctar que proviene de la miel y,

“determina su aroma, gusto y color. Los girasoles, por ejemplo, le dan un color dorado; el trébol produce una miel blanca y dulce; las agaves le dan a la miel un sabor desabrido. La miel oscura generalmente tiene un sabor fuerte y a menudo presenta un alto contenido mineral; la miel clara tiene un sabor más delicado” (FAO, 2005, pág. 42).

La miel en la industria

La miel destinada al consumo humano no debe haber sido objeto de ninguna adición de productos alimentarios, incluidos los aditivos alimentarios, ni de ninguna adición distinta a la miel.

La miel, en la medida de lo posible, debe estar exenta de materias orgánicas e inorgánicas extrañas a su composición”. además, no debe presentar gusto u olor extraños, ni presentar fermentación, ni presentar una acidez modificada artificialmente, ni haber sido calentada de manera que las enzimas naturales sean destruidas o considerablemente inactivadas. (Pierre, 2007, pág. 420).

La miel de abeja es extraída por apicultores, en muchas regiones son comunes los centros de acopio, donde esta es recolectada para ser transportado a los establecimientos donde es envasada para ser procesada para asegurar su calidad, conservando sus propiedades. Visquet señala que “durante su procesado, la miel se somete a etapas de licuado, colado, filtrado, pasteurización, envasado y almacenamiento. Finalmente, esta miel se distribuye para su venta” (Visquet, 2015, pág. 19). La miel es sometida a un tratamiento de pasteurización para retrasar la cristalización y destruir los microorganismos que la contaminan.

Como parte del control de calidad, la miel se somete a análisis de pureza; para poder agregar elementos de valor a la evaluación técnica de laboratorio, es necesario incluir elementos cualitativos que se dan lugar en análisis sensoriales con muestras de una miel cristalizada y una licuada a baño de María, para apreciar las características organolépticas de la miel de acuerdo a escalas de color, limpidez de la miel líquida, homogeneidad de la miel cristalizada; ausencia de trazas blancas, limpieza de la superficie, aroma, olores y gusto, cristalización muy fina, fina o grosera, presentación: embalaje, presencia de espuma blanca, limpieza, densidad y porcentaje de materias secas. Entre las tecnologías que se han estudiado con este fin, se encuentran los ultrasonidos, las altas presiones hidrostáticas y las microondas (Tosi, 2002, pág. 73).

Metodología

Para el presente análisis, se utilizó un enfoque cualitativo y método descriptivo, iniciando con la recolección de fuentes bibliográficas, cuyos datos fueron analizados y comparados en el marco de la composición fisicoquímica de la miel de abeja, principalmente de la *Apis mellífera*. Para el análisis de la información se procedió, en primer lugar, en seleccionar los elementos correlacionados a la calidad y a la cristalización de la miel de abeja y a partir de este ejercicio, se contrastaron los

hallazgos de varios autores, con los cuales se dio respuesta al objetivo de la investigación, la investigación documental recolecta y analiza los resultados experimentales de autores, así como la bibliografía disponible para obtener las conclusiones.

El análisis de los datos en comunión con los aportes teóricos y las reflexiones generadas permitió fundamentar teóricamente las categorías temáticas sobre las cuales se estructuró la presentación de los resultados en relación con los parámetros que influyen en la calidad de la miel de abeja, para posteriormente, tratar los aspectos que influyen en la cristalización de esta, información que permite llegar a las conclusiones.

Desarrollo de la investigación

La comercialización de la miel de abejas exige el cumplimiento de ciertos requisitos para ser expendidos, ya que pasará tiempo en exhibición antes de ser adquirida por el consumidor. Para poder aseverar si la cristalización es un elemento de valor la pureza de la miel de abeja es importante comprender los parámetros que constituyen dicha calidad.

La calidad de la miel se cumplen ciertos requisitos, generalmente se observa la presencia de cuerpos extraños, (contaminación física), ni microorganismos (contaminación biológica) y debe mantener sus características naturales y que ésta no haya sido adulterada. Generalmente, las características de calidad se van mermando, cuando la miel se somete a procesos de industrialización con tratamientos térmicos excesivos y/o a un almacenamiento demasiado largo. (Zandamila, 2008, pág. 42)

Parámetros que influyen la calidad de la miel

Los parámetros de calidad de la miel se agrupan en tres categorías;

1. Aspectos comerciales: el color y la cristalización. (determinado por la percepción de los consumidores), los cuales tienen preferencia por colores genéricos – especialmente dorados claros- y ausencia de cristalización (aunque hay mercados que prefieren la cristalización).
2. Aspectos sanitarios: presencia de microorganismos (bacterias o alto contenido de levaduras) y/o de residuos químicos.
3. Aspectos que atañen frescura a la miel: (actividad diastásica y cantidad de (HMF).

Aspectos comerciales

El color de la miel

Es un resultado de ciertos factores como el contenido enzimático, el balance de azúcares de la materia prima de la misma y varía desde claro y transparente hasta ámbar oscuro o negro; las mieles más oscuras suelen tener color y aroma más intensos. para

muchos consumidores, es el factor más determinante a la hora de elegir que miel comprar es el color y también puede influir en el precio. (Belay, 2015, págs. 213-219)

Cristalización

La solidificación de la miel de abeja es denominada técnicamente como cristalización, y consiste en la formación de cristales, la cual empieza con una célula de cristalización, iniciando un ciclo de formación en de dichos cristales, la cual se da en diferentes niveles de acuerdo con el tipo de miel.

A diferencia de las proteínas, que se desnaturalizan fácilmente y de las grasas que se ponen rancias al contacto con el aire y el calor, o a diferencia de las cadenas de almidón que se rompen en cadenas más cortas de moléculas de glucosa, los azúcares son moléculas más pequeñas, estables y resistentes, para (Mc Gee, 2014, pág. 660.). “Estas moléculas son fácilmente solubles en el agua y pueden tolerar altas temperaturas si su concentración es elevada, produciendo así masas puras y sólidas llamados cristales”.

La FAO (2005) plantea que la glucosa es un componente fundamental que posee la miel, pues

“al condensarse se vuelve sólida y es conocida como miel cristalizada: algunos tipos de miel son más favorables a la cristalización que otros (depende del tipo de néctar de origen); la consistencia de casi todos los tipos de miel se cristaliza si la temperatura se estabiliza entre 15 y 24° C. (FAO, 2005, pág. 14).

En efecto, en el curso de su conservación, la miel se va a endurecer rápidamente si la miel rica en glucosas, lentamente o permanecer líquida si es rica en fructosa. En su masa nacen y crecen, más o menos, cristales que dan al paladar la impresión de granos de azúcar si son gruesos o de mantequilla si son finos (Pierre, 2007, pág. 57).

La tendencia de la miel a cristalizar depende de su composición y también de catalizadores de la cristalización como cristales primarios, polvo, pólenes, choques térmicos y burbujas microscópicas de aire.

“Desde el punto de vista de las solubilidades relativas de los azúcares presentes y sus concentraciones, la miel contiene excesivas cantidades de glucosa disuelta; es decir, que el producto está sobresaturado con respecto a este azúcar. Esa cantidad excesiva de glucosa tiende a separarse en forma cristalizada, de modo que la tendencia de la miel a cristalizar es una propiedad natural” (García, 2007, pág. 218).

Por lo antes expuesto, una miel cristalizada es pura. La cristalización de la miel se da por varios factores y dicho fenómeno se presenta de diferentes formas según el tipo de miel. Dada la preferencia de los consumidores por una miel líquida sin cristalización, en la industria se requiere incorporar ciertos mecanismos para retardar o eliminar este fenómeno y así lograr tener la miel en estanterías en estado líquido por mayor tiempo. Esto se logra fundamentalmente, a través de un adecuado almacenaje, aplicación de temperatura y/o filtración. “Mantener la miel en una temperatura en el

rango o de 40-71°C durante el envasado también permite bajas tasas de cristalización; para disolver los cristales y burbujas de aire, se somete a la miel a rápidos calentamientos a 60-71°C”, (García, 2007, pág. 51), no obstante, la aplicación de las temperaturas altas y prolongadas en la miel provoca la destrucción de las enzimas, vitaminas y otros importantes principios de la miel; en cambio, la cristalizada conserva todas sus propiedades.

Para reducir el proceso de cristalización de la miel, se acude a tratamientos térmicos para disolver los cristales y los núcleos de cristalización ya presentes en la miel o la mezcla de varias mieles. Así mismo, (Zandamila, 2008) afirma que, “la cristalización se ve favorecida cuando la proporción de glucosa en la miel es mayor que la de fructosa y cuando mayor es la ratio glucosa/ agua”. (pág. 15). El incremento de los cristales de miel también se evidencia por la disminución de la humedad y la presencia de núcleos de cristalización dados por homogeneización de la miel o la perturbación presente al momento del envasado.

“Según la cristalización se da en dos pasos, la formación de “semillas” de cristal, que pueden ser el polen, burbujas de aire, partículas de polvo, etc, y el crecimiento de dichas semillas para formar cristales maduros, de tamaño completo y la formación de semillas determina cuántos cristales se formarán y el tamaño de los cristales determinan su tamaño”. (Mc Gee, 2014, pág. 696).

La medida que se da a estos cristales es denominada granulometría y se utiliza para determinar el espacio intermolecular entre cristales; cada medida granulométrica está relacionada directamente a la textura en boca al momento de degustar mieles cristalizadas, desde mieles cremosas con gránulos muy finos hasta mieles muy sólidas que tienen gránulos gruesos.

Aspectos sanitarios

“La miel presenta unas condiciones poco favorables para el crecimiento de microorganismos como son un pH ácido, una humedad y actividad de agua bajas, viscosidad elevada, una elevada concentración en azúcares y presión osmótica, etc. Por esta razón, la miel es un alimento muy estable desde el punto de vista microbiológico”. (Visquet, 2015, pág. 26)

El peróxido de hidrógeno, derivado de su actividad enzimática, es un componente intrínseco en la miel y actúa como un antimicrobiano, al elevar la humedad por el 18%, favorecen el desarrollo de levaduras osmófilas, causando la fermentación de la miel. El uso de acaricidas, sulfamidas, antibióticos u otros tratamientos agrícolas usados para el control de plagas, “entre ellos se encuentran los neonicotinoides, el uso de los cuales fue prohibido por la Comisión Europea recientemente (CE, 2018a; CE, 2018b; CE, 2018c)” (Visquet, 2015, pág. 27). Estos químicos pueden afectar de manera considerable a la vida de las abejas y a la producción de miel, en los peores escenarios han afectado la población de estas y han ocasionado que los límites críticos de

aceptación de residuos químicos en suspensión en la miel causen el rechazo de esta al ser sometidos a exámenes de laboratorio.

Aspectos que atañen frescura a la miel

Los mejores parámetros indicadores de la frescura y calidad de la miel son

“la medida de la reducción de la actividad diastasa y la medida del contenido de HMF. Esto se debe a que ambos procesos ocurren de manera simultánea a la degradación de vitaminas, proteínas, enzimas y a la pérdida de sabor y aroma de la miel. Ambos indicadores dan una idea aproximada de cómo han sido las condiciones de procesado y almacenamiento de la miel. (SCHADE, et al 2006, pág 446.)

Actividad diastásica

Fetcner (2016) plantea que la diastasa es un grupo de enzimas que se caracterizan por “incluir α y β -amilasa, naturalmente presentes en las mieles. La actividad diastásica se puede expresar en unidades Schade, Gothe o diastasa y es un parámetro comúnmente explorado como indicador de la frescura de la miel. (Fetcner, 2016, et al, págs. 49-54). Para Seraglio, “las mieles en general deben presentar una actividad diastásica de al menos 8 unidades Schade, valor mínimo aceptado por las organizaciones reguladoras” (Seraglio et al, 2019, págs. 44-66)

Hidroximethylfurfural (HMF)

El HMF “es un producto, generado por la deshidratación de los azúcares en particular por deshidratación de la fructuosa – generado por la deshidratación de los azúcares en particular por deshidratación de la fructuosa” (Moreno, 2009, pág. 3).

Uno de los principales parámetros de calidad de la miel es el HMF, que es un aldehído cíclico producto de la degradación, de azúcares simples, como la fructosa y la glucosa. (Zandamila, 2008) indica que el contenido máximo de HMF en la miel es de mg/kg, mientras que, para una miel de origen declarado procedente de regiones con clima tropical y mezclas de estas mieles, “el límite se incrementa hasta 80 mg/kg, debido a que estos climas favorecen de por sí que la cantidad de HMF presente en la miel sea mayor”, esto ayuda a comprender por qué la cristalización es menor en mieles provenientes de dichas regiones (pág. 9). El contenido en HMF se ve influenciado por factores tanto “intrínsecos como extrínsecos a la miel, como la humedad y el PH de la miel, tipo y concentración de azúcares, y la temperatura de almacenamiento” (Zandamila, 2008, pág. 10)

Factores que influyen en la cristalización

Como parte de los aspectos comerciales que influyen en la calidad de la miel, se presenta un mayor análisis a la cristalización, ya que se pretende definir que este aspecto no es determinante al momento de juzgar la pureza de la miel. La cristalización es un fenómeno natural, que se presenta en diferentes tiempos y diferentes grados,

dando texturas táctiles diferentes e independientemente de la coloración de la miel en estado líquido, presenta un color pálido blanquecino y carente de brillo y según Belay (2015) “la velocidad de cristalización de la miel depende principalmente de la proporción y el contenido en carbohidratos de la miel”. (pág.26).

Bhandari (1999) determina que la cristalización está influenciada por distintos factores,

“las proporciones o ratios de azúcares, concretamente la ratio Fructosa/Glucosa (F/G) o la ratio Glucosa/Humedad (G/H), por la humedad de la miel y la temperatura de almacenamiento y por la presencia de partículas insolubles, entre otros; estos factores son los azúcares en la miel, la humedad, temperatura, presencia de núcleos de cristalización, homogenización y material del recipiente con el que se envasa la miel” (pág. 219).

Azúcares de la miel

Los componentes principales de la miel son a más de los azúcares, vitaminas, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, aminoácidos, enzimas, entre otros, siendo los monosacáridos glucosa y fructosa los mayoritarios; los cristales pueden tener distinta morfología.

Tabla 2. *Cristalización de la glucosa*

Temperatura de almacenamiento	Cristalización resultante
Debajo de 50°C	α -D-glucosa monohidrato.
Entre 50 – 80°C	α -D-glucosa anhidra
Superior a 80°C	β - D-glucosa anhidra

Elaboración propia. Fuente: (Machado et al, 2018)

De acuerdo con varios análisis realizados por (Mondragón, 2018, pág. 10) y (Escuredo O, 2014) con diferentes muestras de miel provenientes de China y México, con una presencia de glucosa entre el 26,4% y el 43,3% y fructosa entre el 18,4% y el 27,2%, se observa que las mieles que más se cristalizan son las que tienen mayor contenido de glucosa que de fructosa, presentando valores de ratios F/G detallados a continuación:

Tabla 3. *Relación fructosa – glucosa en miel cristalizada*

Ratio (G/F)	Resultado
1:1	Miel líquida
2:1	Miel mixta
2.5:1	Miel cristalizada

Elaborado por los autores. Fuente: (Machado et al, 2018)

Humedad

La miel de abeja es susceptible a la fermentación, debido a su contenido de agua medio de 18.8% según Vardensky (2015) y a la capacidad de esta de absorber humedad del ambiente, debido a la acción de las levaduras osmófilas (pág. 157). Así mismo, se analiza el ratio glucosa – humedad (G/H) para poder predecir la tendencia a la cristalización de una miel, mediante el estudio y análisis de 136 muestras diferentes de miel del noroeste de España y Rumanía, propuesto por Escuredo (2014), y otro estudio realizado a 43 muestras de miel de abeja provenientes de Canadá presentado por Assil (1991), arrojan resultados de las variables GH, mostrando la velocidad de cristalización en diferentes entornos de humedad (Escuredo, et al 2014, pág. 80); (Assil, 1991, pág. 1034).

Tabla 4. Relación glucosa – humedad en miel cristalizada

	Estudio de (Assil, 1991, pág. 1034)	Estudio de (Escuredo O, et al 2014, pág. 80)	Otros estudios
Poca tendencia a cristalizar	G/H inferior a 1,7	G/H inferior a 1,7	G/H inferior a 1,7
Cristalización rápida	G/H superiores a 2,1	G/H superiores a 2,0	G/H superiores a 2,2

Elaborado por los autores. Fuente: (Zandamila, 2008)

La categorización de las especies de abejas suele presentar un factor diferenciador en el análisis del contenido de humedad, siendo el contenido de humedad de la miel de *A. mellifera* menor al de las abejas sin aguijón (*T. Angustula* y *M. Beecheii*). El pH, la acidez y el contenido de minerales de la miel de *T. Angustula* fueron mayores que los de las otras dos especies estudiadas. El contenido proteico y de sacarosa aparente fueron menores en la miel de *M. beecheii* que en la miel de las otras dos especies. Las tres mieles difieren en el contenido de azúcares reductores y los componentes más variables en las mieles son sacarosa aparente, proteína, minerales y acidez.

Tabla 5. Comparación de componentes de la miel según especies de abejas

	<i>Apis mellifera</i>	<i>T. Angustula</i>	<i>M. Beecheii</i>
Contenido de humedad	16 gr/100 gr	24,3 /100 gr	22,8/100 gr
Acidez	3,6 /100 gr	3,8 /100 gr	3,4/100 gr
Proteína	0,42 gr/100 gr	0,57/100 gr	0,36 /100 gr
Cenizas	0,32 gr/ 100 gr	0,07/100 gr	0,21/100 gr
Azúcares reductores	76,5 gr/100 gr	73,2/100 gr	67.5 /100 gr
Sólidos totales	83 gr/100gr	86,7/100 gr	82,5/100 gr

Elaborado por: los autores. Fuente: (Mendieta, 2002), (Fuenmayor, 2012)

Factores presentes en envasado industrial

La miel de abeja puede ser sometida a diferentes procesos para alargar su tiempo de vida útil, retardar la cristalización y mejorar su elemento estético en los envases y repisas de los comercios; Bhandari (1999) presenta un método para controlar la cristalización que consiste en el tratamiento térmico para disolver los cristales y los núcleos de cristalización ya presentes en la miel o la mezcla de varias mieles (pág. 221).

Este incremento de temperatura que también se evidencia en procesos de pasteurización de la miel, modifica su naturaleza, aunque depende de muchos factores como la composición del producto, la tasa de enfriamiento o el nivel de agitación al que se somete la muestra, previa al almacenamiento, de este modo. La temperatura está estrechamente relacionado a otros factores que están presentes en el envasado, como son la homogenización, lo cual incide en la presencia de núcleos de cristalización, que según Belay (2015) pueden ser cristales de glucosa no disueltos, burbujas de aire formadas durante el envasado de la miel a temperaturas menores de 40°C, granos de polen o cualquier otra partícula insoluble en agua (pág. 216).

De acuerdo a (Kennedy, 2018), el gobierno de los Estados Unidos establece un sistema de monitoreo para detectar la miel de abeja adulterada; laboratorios como el Bremen – based QSI, donde se testean las muestras de apicultores, importadores, empacadores y comerciantes para definir el origen y la dilución haciendo pruebas de residuos por medicación de las abejas por antibióticos. La prueba de polen permite diferenciar la especie familia de la planta mediante el análisis del sedimento, definiendo la forma específica del polen por las características botánicas que derivan del origen geográfico.

Aunque los métodos para detectar la adulteración son eficaces, los adulteradores descubren dichos métodos y crean nuevas maneras de evadir los sistemas de detección. Andrew Boutros, exasistente del fiscal general de EEUU señala investigaciones realizadas a ALW, la más grande compañía importadora de miel proveniente de Rusia en el llamado “Project Honeygate”, donde las pruebas de laboratorio de la miel en cuestión, estaba adulterada con un antibiótico prohibido llamado Cloranfenicol, dado a las abejas para mantenerlas saludables pero perjudicial para el consumo humano; con un total de 27 individuos y compañías acusadas, de las cuales 9 se declararon culpables y 10 acusados están fugitivos (Rotten, 2018).

Conclusiones

La calidad de la miel de abeja no se define por factores subjetivos, sino más bien por una serie de aspectos que pueden ser comerciales, sanitarios o relacionados a medir la frescura de esta, por lo cual se descarta por completo, que el fenómeno de la cristalización de la miel de abeja sea un indicativo de la pureza de esta, sino más bien un fenómeno natural, dado en diferente grado por varios factores fisicoquímicos.

La cristalización se manifiesta por la cantidad excesiva de glucosa separada en forma cristalizada, con la incidencia de ciertos factores fisicoquímicos como la humedad, presencia de oxígeno, sólidos en suspensión y partículas de polen o polvo dando un aspecto turbio, coloración blanquecina y textura semi sólida en boca, que va desde la cremosidad a la granulosidad de acuerdo con la calidad y tipo de néctar o mielato del cual provenga la miel. Esta textura en boca (granulosidad), es un aspecto que afirman la cristalización como un fenómeno natural presente en la miel de abeja pura y no un defecto de esta o indicativo de su adulteración.

Los factores que influyen en la cristalización de la miel están influenciados por las proporciones o ratios de azúcares, concretamente la ratio Fructosa/Glucosa (F/G) o la ratio Glucosa/Humedad (G/H), por la humedad de la miel y la temperatura de almacenamiento y por la presencia de partículas insolubles; estas relaciones permiten comprender y controlar la cristalización de la miel.

Dado que la cristalización es mayor cuando la proporción de glucosa en la miel es mayor que la de fructosa y cuando la ratio glucosa/ agua es mayor, la presencia de núcleos de cristalización dados por homogeneización de la miel o la perturbación presente al momento del envasado es un fenómeno poco complejo, se usan herramientas como la filtración, pasteurización o prensado para reducir el índice de cristalización y aumentar el tiempo que la miel se mantiene líquida, porque el estado líquido de la miel es más apreciado por los consumidores que el cristalizado, aunque esto no signifique que la ausencia de cristalización sea un sinónimo de pureza.

Referencias bibliográficas

- Assil, H. (1991). *Crystal Control In Processed Liquid Honey*. Obtenido de <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1991.tb14635.x>
- Belay, A. (15 de enero de 2015). *Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia* . Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25148981/>
- Bhandari, B. (1999). *Rheology and crystallization kinetics of honey: Present status*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942919909524606>
- Carrillo, E. (2021). *Determinación de la demanda insatisfecha de miel de abeja en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago* . Obtenido de <file:///C:/Users/Jonathan/Downloads/1845-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8531-4-10-20210907.pdf>
- Escuredo O, D. I.-G. (2014). *Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24295680/>

- Fetcner, C. D. (2016). *Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429216300311>
- Fuenmayor, C. (2012). *Miel de Angelita: composición nutricional y propiedades fisicoquímicas de miel de Trigona Angustula*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3885578>
- García, H. (2007). *Optimización del Proceso de Elaboración de la Miel de Abeja Cremada*. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/711/1/209360.pdf>
- Kennedy, L. (Productor), & Mussman, J. (Dirección). (2018). *"Lawyers, Guns and Honey"* [Película]. EEUU. Obtenido de <https://www.netflix.com/title/80146284?s=i&trkid=13747225&t=wha>
- Lazaridou, A. (2004). *Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877403003595>
- Machado et al, A. (2018). *Composition and properties of Apis mellifera honey: A review*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2017.1338444>
- Mc Gee, H. (2014). *La cocina y los alimentos*. Barcelona : EGEDSA.
- Mendieta, J. (2002). Comparación de la composición química de la miel de tres especies de abejas. Universidad Zamorano .
- Ministerio de Agroindustria de Argentina. (2018). *El Mercado Apícola Internacional*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cicpes_instdeconomia_sanchez_mercado_apicola_internacional.pdf
- Mondragón, P. C.-U.-R. (2018). *Physicochemical characterization of honey from*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19476337.2012.673175?needAccess=true>
- Moreno, A. (2009). *Influencia de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad físico - química y biológica de la miel*. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/2052/files/TESIS-2009-036.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5110s/y5110s05.htm>
- Pierre, J. (2007). *Apicultura, Conocimiento de la abeja, Manejo de la colmena* . Barcelona : Mundi - Prensa .

- Schade, J., Marsh, G., & Eckert, J. (2006). *Diastase activity and HMF in honey and their usefulness in detecting heat alteration*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/229983463_Diastase_activity_and_hydroxy-methyl-furfural_in_honey_and_their_usefulness_in_detecting_heat_alteration
- Seraglio, S. K. (2019). *An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996919300286>
- Tosi, E. (2002). *Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814601003259>
- Ulloa, J. (2010). *La miel de abeja y su importancia*. Obtenido de <http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/437/1/La%20miel%20de%20abeja%20y%20su%20importancia.pdf>
- Vardensky, L. (2015). *Influence of temperature and homogenization on honey crystallization*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/bjft/a/7pbFnb9zMrYsfJHQgXNGJYd/?format=pdf&lang=en>
- Venir, E. (2010). *Crystallization in "Tarassaco" Italian honey studied by DSC*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814609004646>
- Visquet, M. (2015). *Influencia de las condiciones térmicas en la calidad de la miel*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=74887>
- Zandamila, E. (de 2008). *Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de abeja de Mozambique*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5701/emfzm1de1.pdf?sequence=1>