

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación de un endulzante obtenido por secado por aspersión y su
efecto en las propiedades sensoriales y texturales de un chocolate 80%
cacao**

Estudiantes

Emily Alejandra Verdezoto Ortiz

Fabián Alexander Bonilla Ortiz

Asesoras

Sandra Karina Espinoza, M.Sc.

Blanca Carolina Valladares Sevilla, M.Sc.

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA ACOSTA MARCHETTI

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Materiales y Métodos	12
Ubicación	12
Materiales	12
Fase 1	12
Preparación del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión.....	12
Caracterización Físicoquímica del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión	13
Análisis Físico	14
Rendimiento en Peso del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión.....	14
Color.....	14
Análisis Químicos	14
Actividad de Agua (a_w)	14
Humectabilidad.....	15
Índice de Solubilidad (IS).....	15
Diseño Experimental	16
Fase 2	16
Formulación de Barras de Chocolate con Adición de Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión	16
Proceso de Elaboración de Chocolate	17
Análisis Sensorial.....	17

	4
Diseño Experimental	18
Textura Evaluada en Chocolate	19
Resultados y Discusión.....	20
Fase 1	20
Análisis Físico del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión	20
Análisis Químicos del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión.....	22
Fase 2	26
Análisis Sensorial Afectivo	26
Prueba de Preferencia	31
Análisis de Textura Evaluado en Chocolate	32
Conclusiones	35
Recomendaciones.....	36
Referencias.....	37
Anexos.....	43

Índice de Cuadros

Cuadro 1	Formulación de la solución para la elaboración del endulzante en polvo.....	13
Cuadro 2	Formulaciones de los tratamientos de chocolate con endulzante obtenido por secado por aspersión.....	16
Cuadro 3	Descripción de la escala hedónica utilizada para la valoración de la aceptación de los atributos del chocolate	18
Cuadro 4	Resultados del rendimiento en peso del endulzante obtenido por secado por aspersión ..	20
Cuadro 5	Resultados del análisis de color del endulzante obtenido por secado por aspersión	21
Cuadro 6	Resultados análisis de actividad de agua (a_w) del endulzante obtenido por secado por aspersión.....	23
Cuadro 7	Resultados del análisis del índice de Humectabilidad de endulzante secado por aspersión	24
Cuadro 8	Resultados del índice de solubilidad en endulzante obtenido por secado por aspersión ...	25
Cuadro 9	Resultados del análisis sensorial de aceptación del atributo de textura en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión	26
Cuadro 10	Resultados del análisis sensorial de la aceptación de los atributos de apariencia, color y olor en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión.....	27
Cuadro 11	Resultados del análisis sensorial en aceptación de los atributos de sabor dulce, sabor general y aceptación general en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión.....	29
Cuadro 12	Resultados en el análisis sensorial afectivo con prueba de preferencia para muestras de chocolate.....	32
Cuadro 13	Resultados del análisis de textura en muestras de chocolate adicionado con endulzante obtenido por secado por aspersión	33

Índice de Anexos

Anexo A Flujo de proceso del endulzante obtenido por secado por aspersion	43
Anexo B Flujo de proceso del chocolate	44
Anexo C Boleta de evaluación sensorial	45
Anexo D Tabla de prueba de valor crítico de Basker y Kramer	46
Anexo E Análisis de correlación entre atributos de la evaluación sensorial.....	47

Resumen

El desarrollo de endulzantes alternativos para productos de confitería representa un área de innovación para la industria alimentaria. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un endulzante en polvo formulado con miel de abeja (*Apis mellifera*) y maltodextrina (18.94% y 15.15%, respectivamente), mediante secado por aspersion, y evaluar su efecto como sustituto parcial del azúcar chocolate 80% cacao. La Fase 1, se enfocó en la obtención y caracterización del endulzante, evaluando parámetros físicoquímicos clave como color, actividad de agua, humectabilidad y solubilidad del producto final. En la Fase 2, se evaluó el impacto de la incorporación del endulzante en polvo, se elaboraron cuatro formulaciones de chocolate con sustitución creciente de azúcar por el endulzante (0%, 25%, 50% y 100%), analizando objetivamente la textura, así como propiedades sensoriales (pruebas de aceptación y preferencia). El endulzante en polvo mantiene las propiedades sensoriales y texturales en una sustitución del 25% de azúcar, logrando un equilibrio entre sabor y textura que asegura la aceptación del producto, sustituciones superiores al 50% afectan negativamente la percepción del sabor y la aceptación general, debido a la acción de la maltodextrina como matriz encapsulante que modula la liberación de compuestos de sabor y aroma de la miel. El endulzante en polvo puede incorporarse en chocolate oscuro, mostrando efectos limitados sobre las propiedades sensoriales y texturales en niveles bajos de adición, mientras que niveles mayores afectan la percepción del sabor y la aceptación del producto.

Palabras clave: Actividad de agua, humectabilidad, maltodextrina, solubilidad, textura

Abstract

The development of alternative sweeteners for confectionery products represents an area of innovation for the food industry. This study aimed to develop a powdered sweetener formulated with bee honey (*Apis mellifera*) and maltodextrin (18.94% and 15.15%, respectively), using spray drying, and to evaluate its effect as a partial substitute for sugar in 80% cocoa chocolate. Phase 1 focused on obtaining and characterizing the sweetener, evaluating key physicochemical parameters such as color, water activity, wettability, and solubility of the final product. In Phase 2, the impact of incorporating the sweetener was evaluated; four chocolate formulations were made with increasing substitution of sugar by the sweetener (0%, 25%, 50%, and 100%), objectively analyzing texture as well as sensory properties (acceptance and preference tests). The powdered sweetener maintains the sensory and textural properties at a 25% sugar substitution, achieving a balance between flavor and texture that ensures product acceptance. Substitutions higher than 50% negatively affect the flavor perception and overall acceptance, due to the action of maltodextrin as an encapsulating matrix that modulates the release of the honey's flavor and aroma compounds. The powdered sweetener can be incorporated into dark chocolate, showing limited effects on sensory and textural properties at low addition levels, while higher levels affect flavor perception and product acceptance.

Keywords: Maltodextrin, solubility, texture, water activity, wettability

Introducción

La miel es una sustancia dulce y natural producida por las abejas a partir del néctar de las plantas (Codex, 2022). Está constituida principalmente por carbohidratos (80%) y agua (García-Chaviano et al., 2022) además, de ciertos compuestos bioactivos como flavonoides y fitoquímicos (Gonzalez Perez et al., 2024; Jiamjariyatam et al., 2024). Su composición varía según el tipo de abeja, la fuente floral, el origen geográfico, y los factores ambientales, que influyen en la variación del color, sabor y viscosidad (Ranneh et al., 2021).

Sin embargo, debido a su contenido de humedad, su uso en aplicaciones industriales como la elaboración de chocolates, presenta desafíos. La miel líquida puede interferir con el templado del chocolate, afectar su viscosidad y reducir su vida útil debido a la actividad de agua que suele ser superior a la actividad de agua presente en los productos en polvo (Afoakwa, 2016). Es por ello, que la miel se ha empleado como base para la elaboración de endulzantes combinándola con agentes encapsulantes como la maltodextrina para mejorar su estabilidad y reducir su higroscopicidad en alimentos procesados (Tomczyk et al., 2020). De esta forma, se obtiene un ingrediente en polvo con características que lo hacen viable para ser utilizado en formulaciones de chocolate como alternativa de sustitución de azúcar.

Es en este contexto, que el secado por aspersión emerge como un método de conservación de alimentos que transforma líquidos en polvos secos de manera eficiente. Este método consiste en atomizar el líquido en una corriente de aire caliente, permitiendo una evaporación casi instantánea del agua (Sotomayor y Vargas, 2017). Debido a su adaptabilidad, eficiencia energética y capacidad para producir partículas con diferentes estructuras, el secado por aspersión es una tecnología clave en la formulación de productos en polvo, para mejorar su estabilidad y vida útil (Esquivel-González et al., 2015).

En este sentido, la miel puede emplearse como un constituyente en la formulación de un endulzante obtenido por secado por aspersión, en combinación con la maltodextrina como agente

encapsulante. Es importante indicar que este ingrediente podría presentar buena adaptabilidad y mayor solubilidad, lo que favorece su adición en matrices como el chocolate (Rusli et al., 2024). Desde el punto de vista industrial, este estudio evalúa propiedades fisicoquímicas de un endulzante obtenido por secado por aspersion y cómo este puede mejorar o mantener las propiedades sensoriales y texturales del chocolate.

Un chocolate al 80% cacao es ideal debido a su alta concentración de sólidos de cacao y bajo contenido de azúcares añadidos para evaluar el comportamiento de endulzantes alternativos. Los chocolates con alto porcentaje de cacao presentan perfiles de sabor más intensos y amargos, lo que permite identificar de mejor manera los cambios en textura, dulzor y apariencia que pueden ser causados por los diferentes tipos de endulzantes (Afoakwa, 2016). Además, la creciente importancia de los consumidores por consumir productos con menor cantidad de azúcar y los beneficios antioxidantes ha impulsado la reformulación de chocolates oscuros utilizando fuentes de dulzor alternativos.

Por otro lado, el templado es una etapa crítica en la elaboración de chocolate, el cual consiste en el manejo de temperaturas de fundido del chocolate para promover la formación de cristales estables de la manteca de cacao, los cuales determinan el brillo, la textura y la estabilidad del producto final (Afoakwa, 2016). Factores como la humedad, el tipo de endulzante, la viscosidad y la presencia de sólidos finos pueden alterar este proceso, provocando defectos como textura arenosa. (Afoakwa, 2016; Lonchamp y Hartel, 2004). Por ello, el uso de un endulzante en polvo alternativo obtenido por secado por aspersion podría contribuir un templado adecuado ya que su alta solubilidad favorece una distribución homogénea en el chocolate, evitando recristalización o separación de fases (Rusli et al., 2024).

Este estudio responde a la necesidad de desarrollar e implementar estrategias de conservación, aportando en la industria alimentaria en la mejora de procesos industriales. Así como también promueve la integración de un endulzante alternativo como ingrediente estratégico en la

formulación de alimentos con características diferenciadas en el mercado, comparando su funcionalidad con otros endulzantes utilizados en productos similares.

Por lo anterior, para este experimento se plantearon los siguientes objetivos:

Evaluar características fisicoquímicas de un endulzante en polvo obtenido por secado por aspersion.

Evaluar el efecto del endulzante en polvo secado por aspersion en propiedades sensoriales de chocolate 80%.

Determinar el impacto del endulzante en polvo secado por aspersion en la textura del chocolate 80%.

Materiales y Métodos

Ubicación

Este estudio se realizó en la Universidad Zamorano, ubicada en el kilómetro 30 carretera Tegucigalpa a Danlí, Valle de Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. En la Fase 1, se realizó el secado por aspersión de la miel en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Posteriormente, se realizaron análisis fisicoquímicos como el color, actividad de agua (a_w), humectabilidad y el índice de solubilidad para el endulzante en el LAAZ. En la Fase 2, el chocolate se elaboró en la planta Hortofrutícola de Zamorano, en el Laboratorio de Análisis Sensorial se evaluó su aceptación y preferencia. Finalmente, en el LAAZ, se comparó el perfil de textura del tratamiento control con el del tratamiento más preferido de chocolate con adición de endulzante obtenido por secado por aspersión.

Materiales

Los insumos utilizados en este estudio son los siguientes: miel de abeja (*Apis mellifera*) recolectada y procesada por la Planta Apícola, cacao obtenido del parque clonal de Zamorano, maltodextrina en polvo, azúcar blanca y el equipo Spray Dryer modelo SD Basic de LabPlant.

Fase 1

Preparación del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

Para la obtención del endulzante se elaboró una mezcla conformada por miel líquida, maltodextrina como encapsulante y agua destilada. Como referencia, la preparación base consistió en lo propuesto por Aragüez et al. (2015): 120 g de miel, 102.8 g de maltodextrina y 417.2 g de agua destilada (Cuadro 1), las cuales se ajustaron proporcionalmente de acuerdo con la cantidad de miel requerida para este estudio.

Cuadro 1

Formulación de la solución para la elaboración del endulzante en polvo.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Miel líquida	18.75
Maltodextrina	16.06
Agua destilada	65.19
Total	100.00

La mezcla fue homogeneizada mediante agitación mecánica hasta lograr una solución uniforme, para posteriormente ser sometida al proceso de secado por aspersión. Durante el proceso, se emplearon temperaturas de entrada y salida de 140 °C y 100 °C, respectivamente. Además, se empleó una bomba peristáltica de velocidad variable, teniendo una velocidad máxima de 12, para este estudio se utilizó una velocidad de cuatro para obtener una mejor absorción de la mezcla. El endulzante fue almacenado en recipientes herméticos, con un ambiente seco y protegido de la luz, hasta su posterior incorporación en las formulaciones de barras de chocolate.

El uso de agentes encapsulantes como la maltodextrina posee un rol importante en la optimización del secado por aspersión en productos con alto contenido de azúcares como la miel, este ingrediente se ha consolidado como clave en la industria alimentaria debido a su balance entre costo y funcionalidad. Además, presenta excelentes propiedades de encapsulación gracias a su capacidad para formar emulsiones estables y a su baja viscosidad, combinada con una alta solubilidad (Aliji et al., 2025).

Caracterización Físicoquímica del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

En el laboratorio de análisis de alimentos, se elaboraron tres repeticiones del endulzante secado por aspersión, cada una de ellas fue sometida a los siguientes análisis físicoquímicos:

Análisis Físico

Rendimiento en Peso del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

El rendimiento en peso del proceso del endulzante obtenido por secado por aspersión a base de miel y maltodextrina se calculó en base a la masa de polvo obtenido y un litro de la masa total de la solución. Después del proceso de secado, el polvo fue recolectado y pesado. El rendimiento fue calculado aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Masa de polvo obtenido}}{\text{Masa total de solución}} \times 100 \quad [1]$$

Color

La medición del color se realizó con el equipo Colorflex Hunter Lab siguiendo el método AN1018.00. Los resultados se expresaron en tres dimensiones: L* para luminosidad (negro "0" y blanco "100"), a* en una escala de 60 para colores rojos a -60 para colores verdes, y b* en una escala de 60 para colores amarillos a -60 para colores azules. Previo a la medición, el equipo fue calibrado con un estándar negro y luego con un estándar blanco, esta calibración se realiza cada tres lecturas para evitar una gran variabilidad.

Análisis Químicos

Actividad de Agua (a_w)

La medición de actividad de agua se realizó con el equipo Goyojo GY1, reportando la medición de 0 a 1 equivalente a la humedad relativa de equilibrio que va de 0 a 100% de humedad relativa. Inicialmente el equipo se calibró con un estándar de actividad de agua 8.57 mol/kg de cloruro de litio por cada kilogramo de agua.

Humectabilidad

La humectabilidad de este endulzante se determinó mediante el método descrito por Vosoghi et al. (2025), el cual se basa en el estudio original de Jinapong et al. (2008). Se colocaron 75 mL de agua destilada en un beaker de 600 mL. En el interior del beaker se colocó un embudo de plástico, ajustando la altura de la parte inferior del embudo y la superficie del agua a 100 mm. Posteriormente, se obstruyó el embudo con un tubo de ensayo y se agregaron alrededor de 8 g de muestra en polvo. Seguidamente, el tubo de ensayo fue retirado de manera rápida, dando inicio al cronómetro. El cronómetro se detuvo en el instante en que todas las partículas de polvo se humedecieron por completo y penetraron en la superficie del agua. El resultado final fue reportado en segundos.

Índice de Solubilidad (IS)

El índice de solubilidad está relacionado con la cantidad de sólidos solubles en una muestra seca y mide la cantidad de componentes solubles liberados en agua (Huamani-H et al., 2020). El método utilizado fue propuesto por Grande (2019), en el cual para cada ensayo, se pesaron 2.5 g de endulzante en un tubo previamente tarado utilizando la balanza analítica OHAUS Adventurer AR2140. Luego, se añadieron 30 mL de agua destilada y la mezcla fue agitada en una centrifugadora VWR Symphony 4417R a 6000 rpm por un tiempo de 20 minutos hasta obtener una solución homogénea. Posteriormente, el sobrenadante fue decantado, así como descartado, y el sedimento fue secado en un horno Napco 630 a una temperatura de 50 °C, permitiendo cuantificar la masa de sólidos solubles. Con estos valores, se calculó el índice de solubilidad (%) como la relación entre la masa de sólido disuelto y la masa inicial de la muestra.

La fórmula es:

$$IS = \frac{\text{Peso de sólido disuelto en suspensión}}{\text{Peso inicial de sólido}} \times 100 \quad [2]$$

Diseño Experimental

Para los análisis fisicoquímicos evaluados en el endulzante, los parámetros de color, actividad de agua (a_w), humectabilidad, el índice de solubilidad y el rendimiento se evaluaron con 3 repeticiones. Los datos se determinaron a través de Medidas Estadísticas de Tendencia Central y de Dispersión, mediante el uso del software "Statistical Analysis System" (SAS).

Fase 2

Formulación de Barras de Chocolate con Adición de Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

Se prepararon cuatro tratamientos con modificaciones en el porcentaje de azúcar pura versus edulcorante secado por aspersión (Cuadro 2) para determinar su efecto en la aceptación sensorial, permitiendo identificar un punto de preferencia entre los panelistas, tal y como recomiendan los principios de la optimización de productos (Lawless y Heymann, 2010). Además permitieron comprender el impacto de la sustitución sobre las propiedades mecánicas del chocolate que se manifiestan en variaciones graduales, como la dureza y deformación (Bourne, 2002). Asimismo, este gradiente permite optimizar la formulación, buscando el nivel de sustitución que ofrezca un perfil de sabor agradable, con la menor o sin afectación negativa en la textura.

Cuadro 2

Formulaciones de los tratamientos de chocolate con endulzante obtenido por secado por aspersión.

Ingredientes	Control	T1	T2	T3
	%	%	%	%
Cacao	80.00	80.00	80.00	80.00
Manteca De Cacao	8.00	8.00	8.00	8.00
Lecitina De Soya	0.50	0.50	0.50	0.50
Azúcar	11.50	8.51	5.75	0.00
Endulzante	0.00	2.99	5.75	11.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota. Control: Barra de chocolate al 100% de azúcar. T1: Barra de chocolate al 75% azúcar y 25% de endulzante. T2: Barra de chocolate al 50% azúcar y 50% de endulzante. T3: Barra de chocolate al 100% de endulzante.

Proceso de Elaboración de Chocolate

En la planta Hortofrutícola de Zamorano, se elaboraron barras de chocolate oscuro al 80% de cacao. Los granos fueron tostados en bandejas utilizando un horno doméstico Mabe con temperatura próxima a 130 °C por 30 minutos. Posteriormente, los granos fueron triturados por un tiempo aproximado de 3 minutos en un Cocotown CTCR-MOT-EB-110 obteniéndose nibs y cascarilla (testa), esta última se removió usando la descascarilladora Cocotown 1.5" SS304 HT. 66980.

Los ingredientes de la formulación (nibs de cacao, azúcar, endulzante obtenido por secado por aspersión según el tratamiento, manteca de cacao y lecitina) fueron pesados e incorporados a la refinadora/conchadora Cocotown ECGC12SLTA. La mezcla permaneció en agitación constante durante 24 horas aumentando progresivamente desde temperatura ambiente (25 °C) a 35 °C, por efecto de la fricción de las piedras cónicas.

En la etapa del temperado, el chocolate se fundió en un horno microondas hasta alcanzar una temperatura aproximada de 58 °C, con el fin de disolver por completo todos los cristales de grasa. Posteriormente, la mezcla se enfrió por agitación a temperatura próxima a 28 °C para promover la formación de cristales estables. Este paso induce la nucleación, es decir, la formación de los primeros cristales estables de manteca de cacao, principalmente de la formas IV (metaestable) y V (estable), de acuerdo con la clasificación reportada por Afoakwa (2016). Luego, se recalentó a una temperatura de 32 – 34 °C para la eliminación de cristales inestables (forma IV) y asegurar la formación de un producto final con brillo y textura adecuados (Stobbs et al., 2025). Finalmente, el chocolate fue enmoldado y refrigerado aproximadamente a 4 °C por 20 minutos para su solidificación.

Análisis Sensorial

Se realizó una evaluación sensorial afectiva utilizando una prueba de aceptación, se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, sabor dulce, sabor general, textura y aceptación general (AG).

Contando con la colaboración de 100 panelistas no entrenados quienes utilizaron una escala hedónica de 9 puntos (Cuadro 3).

Cuadro 3

Descripción de la escala hedónica utilizada para la valoración de la aceptación de los atributos del chocolate

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

Además, se realizó una prueba de preferencia por ordenamiento con la participación de 100 panelistas no entrenados, los panelistas recibieron una boleta para ordenar los tratamientos según su preferencia, utilizando una escala de cuatro puntos, en donde el uno correspondía al tratamiento “más preferido” y cuatro al tratamiento “menos preferido”.

Diseño Experimental

Se empleó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), donde se evaluaron tres tratamientos más un tratamiento control (Cuadro 2), con tres repeticiones por tratamiento, resultando en un total de 12 unidades experimentales. Los datos se analizaron utilizando el software "Statistical Analysis System" (SAS), mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) se determinó el tratamiento mejor evaluado. También se realizó una separación de medias por la prueba de Duncan, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) y un análisis de correlación por el cuadrado de Pearson de los atributos evaluados. Por último, para el análisis de los datos de la prueba de preferencia, se utilizó la tabla de Basker y Kramer con el fin de establecer el valor crítico correspondiente al número de tratamientos y panelistas evaluados. Este valor crítico permitió determinar la igualdad o no de las diferencias observadas en la suma de rangos asignadas a los distintos tratamientos.

Textura Evaluada en Chocolate

Este análisis fue realizado al tratamiento más preferido en la primera fase el cual fue comparado con las características del tratamiento control. La medición de textura se realizó con el equipo Medidor de Textura Brookfield CT3 4500, utilizando el método ASTM 583. Se analizaron seis unidades experimentales bajo un diseño de muestras independientes, aplicando una prueba t de Student para comparar los tratamientos. Se determinaron las características reológicas, evaluando algunos parámetros como dureza, deformación, trabajo y adhesividad. Se usó una sonda de tipo TA-7 para ejercer fuerza sobre la muestra a analizar.

Resultados y Discusión

Fase 1

Análisis Físico del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

Rendimiento del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión.

Después del proceso de secado, se obtuvo un rendimiento de 17.3%, (Cuadro 4) valor superior a lo reportado por Pino et al. (2016), los cuales registraron un rendimiento de 9.7% en polvos de miel secados por atomización utilizando como agente encapsulante la maltodextrina. En tal sentido, Nurhadi et al. (2012) señalaron que el secado por aspersión solía presentar rendimientos bajos debido a la alta pegajosidad de los sólidos de la miel, lo que ocasionaba pérdidas significativas de producto adherido a las paredes del equipo.

Cuadro 4

Resultados del rendimiento en peso del endulzante obtenido por secado por aspersión

Rendimiento (%) del endulzante secado por aspersión	
Media	17.33
Mediana	17.20
Rango	16.6 – 18.2
Varianza	0.65
Desviación estándar	0.80
Coeficiente de variación	4.66

El mayor rendimiento en este estudio pudiera relacionarse con la formulación utilizada, la cual no estuvo compuesta solo por miel pura, sino por una mezcla líquida con agua, maltodextrina y miel, lo que pudo reducir la viscosidad y la pegajosidad del alimento, incrementando el rendimiento final. Por otro lado, al hacer uso del método de secado al vacío se observaron rendimientos superiores del 90.95% (Mutlu y Erbas, 2021), lo que confirma la mayor eficiencia de este método frente al secado por aspersión debido a que no se requiere agua añadida.

Color.

De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 5, se observó que el endulzante obtenido por secado de aspersión presentó una luminosidad (L^*) equivalente a un polvo claro,

cercano al blanco. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Nurhadi et al. (2012), quienes, al comparar diferentes métodos de secado, encontraron que el polvo secado por aspersión a base de miel mostró un color más claro (valores más altos de L*). Además, Ganaie et al. (2021) reportaron que el uso de proteínas y carbohidratos como el aislado de suero y la maltodextrina puede mantener una alta luminosidad en polvos secados por aspersión, al reducir las reacciones de pardeamiento y proteger mejor los compuestos sensibles a la temperatura.

Por otro lado, el color claro es una característica favorable para el empleo de este endulzante en chocolate, ya que no se observan alteraciones visuales en la tonalidad del cacao. Esta estabilidad de color representa una ventaja frente a otros endulzantes como la estevia o los polialcoholes, que pueden modificar indeseablemente el color del chocolate durante la etapa del templado (Arentz, 2018).

Cuadro 5

Resultados del análisis de color del endulzante obtenido por secado por aspersión

Color en muestra de endulzante secado por aspersión			
	L*	a*	b*
Media	83.59	1.93	20.16
Mediana	83.82	2.01	20.63
Rango	82.77 – 84.18	1.73 – 2.05	18.23 – 21.62
Varianza	0.53	0.03	3.03
Desviación estándar	0.73	0.17	1.74
Coefficiente de variación	0.87	9.03	8.64

Nota. L*: luminosidad, a*: verde (-60) rojo (+60), b*: azul (-60) amarillo (+60)

El parámetro a* presentó un ligero matiz rojizo en el producto, Cantero et al. (2023) reportaron que a pesar de la presencia de la maltodextrina la cual posee un color mayormente blanco con matices amarillos este valor rojizo fue bajo en comparación con la miel natural, posiblemente relacionado con la caramelización de fructosa de la miel y a las reacciones de deterioro de polifenoles a temperaturas mayores a 60 °C. Estudios sobre productos con formulaciones similares también reportaron valores bajos en a* tras el secado, atribuidos a cambios de color asociados a la retención

parcial de pigmentos naturales (Kılınç y Kürşat, 2017). Además es importante indicar que mieles de floraciones más oscuras tienden a presentar valores ligeramente más altos de a^* , lo cual se relaciona con su mayor contenido en compuestos fenólicos, característica que podría conservarse tras el secado (Scholz et al., 2020).

Asimismo, la coordenada b^* confirmó la predominancia de un matiz amarillo en el color de este endulzante. Este resultado fue similar al obtenido por Cantero et al. (2023), los cuales indicaron que este valor fue inferior al reportado para la miel natural debido principalmente a la adición de maltodextrina que actúa como factor de dilución de los pigmentos presentes en miel natural. La tonalidad amarilla pudiera atribuirse al contenido de carotenoides de la miel, los cuales aportaron tonalidades amarillo-anaranjadas y desplazaron b^* hacia valores positivos (Habryka et al., 2021).

Además, fue importante considerar que el color de este endulzante pudo verse influenciado por el origen botánico de la miel, tal como lo señalaron Vit et al. (2008), ya que varió según la especie floral de procedencia, cuya composición específica de compuestos fenólicos y carotenoides, junto con el perfil mineral y la proporción fructosa/glucosa, moduló las coordenadas y la apariencia del polvo.

Análisis Químicos del Endulzante Obtenido por Secado por Aspersión

Actividad de Agua (a_w).

El valor de la actividad de agua en el Cuadro 6, se acerca significativamente al valor de 0.289, reportado por Suhag et al. (2021) quienes realizaron un polvo a base de miel mediante secado por aspersión empleando maltodextrina como encapsulante. Este valor se considera adecuado y favorable, ya que, una baja actividad de agua contribuye a mejorar la estabilidad del producto, reduciendo una posible aglomeración y cambios en la textura durante el almacenamiento (Jaya y Das, 2009). Además, valores bajos de a_w mejora la fluidez y solubilidad del polvo para su fácil incorporación en matrices alimentarias (Suhag et al., 2021).

Cuadro 6

Resultados análisis de actividad de agua (a_w) del endulzante obtenido por secado por aspersión

Actividad de agua en muestra del endulzante secado por aspersión	
Media	0.31
Mediana	0.31
Rango	0.28 – 0.34
Varianza	0.0009
Desviación estándar	0.03
Coefficiente de variación (%)	9.67

Asimismo, Tapia (2020) afirma que la mayoría de las bacterias, levaduras y mohos requieren niveles de actividad de agua superiores a 0.60 para su crecimiento, valor por encima del cual se produce el pronto deterioro de los alimentos (Osorio et al., 2024). Por lo tanto, valores inferiores de 0.60 inhiben el desarrollo de microorganismos, al disminuir la velocidad de crecimiento y aumentando la fase de latencia, lo que da como resultado una mejor conservación del producto (Granados Conde et al., 2019)

En comparación con otros métodos de secado, como la liofilización, Nedic et al. (2020) reportaron a_w entre 0.405 y 0.427 para miel de abeja liofilizada, indicando que el proceso de secado por aspersión tiende a producir valores de a_w más bajos, favoreciendo una mayor eficiencia en la conservación. Esto se debe a que durante el proceso el aire caliente elimina el agua libre más rápido, mientras que en la liofilización parte de esa humedad queda dentro de la estructura del alimento. Es por ello que, los productos liofilizados tienen valores de a_w más altos, como menciona Cantero et al. (2023).

La baja actividad de agua presentada por el endulzante es favorable en matrices de baja humedad como el chocolate, a comparación de endulzantes líquidos como el agave que pueden afectar negativamente en el producto mediante su intervención en el proceso de cristalización de la manteca de cacao (Afoakwa, 2016). En este sentido, un bajo contenido de agua permite que la grasa del cacao se cristalice de manera controlada, lo que mejora la textura, la dureza y la resistencia a la

deformación del producto final, garantizando así una apariencia brillante característica de un chocolate con propiedades reológicas destacables (Zhao y James, 2019).

Humectabilidad.

El tiempo de humectabilidad obtenido en este estudio (Cuadro 7), se encontró por debajo del límite inferior del rango reportado por Samborska et al. (2015) que varía desde 4.5 hasta 120 segundos. Este comportamiento se atribuyó al uso de maltodextrina como agente encapsulante, reconocida por favorecer la rápida disolución, así como al contenido de miel presente en la mezcla secada. Además, este valor se considera favorable, ya que, Fitzpatrick et al. (2016) clasificaron los polvos como altamente humectables cuando se hunden rápidamente en el agua sin formar grumos, con tiempos inferiores a 10 segundos.

Cuadro 7

Resultados del análisis del índice de Humectabilidad de endulzante secado por aspersión

Humectabilidad en muestra de endulzante secado por aspersión (s)	
Media	3.66
Mediana	3.70
Rango	3.5 - 3.8
Varianza	0.02
Desviación estándar	0.15
Coeficiente de variación (%)	4.16

Nota. s: segundos

La humectabilidad es una propiedad clave para los ingredientes en polvo, ya que influye directamente en la dispersión, la viscosidad y la textura del producto final. Los polvos deben poseer buenas propiedades humectables para garantizar un mezclado homogéneo, mantener la uniformidad y conservar sus propiedades reológicas (Rusli et al., 2024). Además, según Vosoghi et al. (2025) los polvos secados con maltodextrina presentaron mejores tiempos de humectación, favoreciendo su incorporación en matrices alimentarias. De acuerdo a Jinapong et al. (2008) esto se debe a la cantidad de azúcares presentes en la miel, que facilitaron la absorción de humedad y favorecieron la rápida dispersión en agua. Mientras que, algunos edulcorantes como la inulina pueden presentar tiempos de humectabilidad lentos provocando una dispersión irregular en la mezcla de chocolate en el refinado.

Índice de Solubilidad.

Los resultados obtenidos de solubilidad en el Cuadro 8 indicó que 95.95% del endulzante fue soluble en agua, constituyendo un indicador fundamental de su capacidad de reconstitución y facilidad de dispersión. La elevada solubilidad obtenida demostró la eficacia del proceso de secado por aspersión para producir un polvo homogéneo soluble sin generar aglomeraciones significativas. Chérrez et al. (2025), reportaron que el polvo a base de miel con maltodextrina presentó una solubilidad del 95.32%, lo que demostró que el endulzante tiene una alta capacidad de reconstitución, cuya estructura favorece la interacción con el agua y facilita su incorporación homogénea en aplicaciones alimentarias.

Cuadro 8

Resultados del índice de solubilidad en endulzante obtenido por secado por aspersión

Índice de solubilidad (%) en muestra de endulzante secado por aspersión	
Media	95.95
Mediana	96.39
Rango	94.49 – 96.97
Varianza	1.66
Desviación estándar	1.73
Coefficiente de variación	1.81

Esta alta solubilidad fue respaldada por estudios como el de Suhag y Nanda (2016), quienes reportaron valores entre 92% y 96% para polvos a base de miel secados con maltodextrina, subrayando que el uso de este agente encapsulante mejoró la dispersión en agua y redujo la higroscopicidad. En comparación con otros azúcares, Baydin et al. (2023) reportan que el azúcar (sacarosa) presenta una solubilidad de aproximadamente 210 g por 100 mL de agua a 25 °C, lo que demuestra que, el endulzante y la sacarosa se disuelven eficientemente en agua.

Esta característica es favorable en la incorporación del endulzante en el refinado del chocolate, al facilitar su solubilidad en la mezcla y una integración homogénea de los ingredientes. Propiedades similares se han observado en polvos de inulina o eritrol, utilizados como reemplazos de azúcar en chocolates funcionales (Shafiei et al., 2024)

Fase 2

Análisis Sensorial Afectivo

Los resultados obtenidos de cada atributo en el análisis sensorial se muestran a continuación.

Atributo Textura.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 9 indicaron que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la aceptación de la textura de los chocolates, encontrando que el tratamiento con un 25% de endulzante en polvo, obtuvo una mayor aceptación y fue valorado como “Me gusta poco” a “Me gusta moderadamente”. A medida se incrementó el contenido de endulzante en polvo al chocolate la aceptación disminuyó y el chocolate con 100% de endulzante en polvo fue valorado como “Ni me gusta ni me disgusta”.

Cuadro 9

Resultados del análisis sensorial de aceptación del atributo de textura en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión

Tratamiento	Textura Media \pm DE
Control	6.47 \pm 1.89 ^b
T1	6.87 \pm 1.83 ^a
T2	6.38 \pm 2.08 ^b
T3	5.94 \pm 2.06 ^c
C.V.%	22.21
Probabilidad	<.0001

Nota. a, b, c: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$), CV%: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar, Control: adición de 100% de azúcar, TRT 1: adición de 25% de endulzante y 75% azúcar, TRT 2: adición de 50% de endulzante y 50% azúcar, TRT 3: adición de 100% de endulzante. Escala hedónica de 9 puntos, siendo uno, me disgusta extremadamente, 5 ni me gusta ni me disgusta y 9 me gusta extremadamente.

Alvarez Gaona et al. (2024) demostraron que la incorporación de polvos ricos en compuestos fenólicos obtenidos por secado por aspersión con maltodextrina influyó significativamente en la textura, color y sabor del chocolate, generando productos sensorialmente diferenciados y aceptables para el consumidor. Sin embargo, el tratamiento con 100% de endulzante evidencia una menor aceptación en la textura. Esto pudo relacionarse con que, al sustituir completamente el azúcar por

endulzante, se altera la cristalización de la grasa, reduciendo la sensación de firmeza característica del chocolate tradicional (Briones y Aguilera, 2005). Además, la maltodextrina tiene baja capacidad de aportar estructura, por lo que puede generar una textura más blanda o pegajosa (Jaya y Das, 2009).

Aceptación de la Apariencia, Color y Olor.

De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 10, la sustitución parcial o total del azúcar por endulzante secado por aspersión no provocó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la aceptación de la apariencia, del color y olor de las muestras de chocolate y fueron valoradas entre “me gusta moderadamente y “me gusta mucho”.

Cuadro 10

Resultados del análisis sensorial de la aceptación de los atributos de apariencia, color y olor en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión

Tratamiento	Apariencia Media \pm DE (NS)	Color Media \pm DE (NS)	Olor Media \pm DE (NS)
Control	7.3 \pm 1.67	7.42 \pm 1.45	7.1 \pm 1.66
T1	7.62 \pm 1.36	7.49 \pm 1.37	7.01 \pm 1.59
T2	7.49 \pm 1.53	7.53 \pm 1.43	6.96 \pm 1.72
T3	7.33 \pm 1.72	7.26 \pm 1.80	7.02 \pm 1.76
C.V.%	14.71	14.30	16.93
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. a letras iguales en la misma columna indican que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$), CV%: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar, Control: adición de 100% de azúcar, TRT 1: adición de 25% de endulzante y 75% azúcar, TRT 2: adición de 50% de endulzante y 50% azúcar, TRT 3: adición de 100% de endulzante. Escala hedónica de 9 puntos, siendo uno, me disgusta extremadamente, 5 ni me gusta ni me disgusta y 9 me gusta extremadamente.

Atributo de Apariencia.

El chocolate se caracteriza principalmente por el proceso de cristalización, en la cual la manteca de cacao se cristaliza en función de la composición de triglicéridos en seis formas polimórficas (I-VI) siendo I la menos deseada, y la forma V la más deseada, aportando brillo, color uniforme y textura adecuada (Afoakwa et al., 2008).

Una alteración de este proceso hubiera presentado pérdida de brillo y aparición de manchas blanquecinas, esto ocurre cuando se introduce humedad libre, grasas incompatibles o compuestos polares que interfieran con el crecimiento de los cristales estables de manteca de cacao, es decir, la forma V (Lonchamp y Hartel, 2004). Este proceso es esencial para lograr una cristalización adecuada, manteniendo temperaturas controladas, lo cual resalta directamente en la apariencia final del producto (Villafuerte-Carrillo et al., 2024). Este resultado es favorable y contrasta con lo reportado al usar otros edulcorantes alternativos, como el agave que presenta un contenido de humedad mayor en comparación con el chocolate tradicional endulzado con la sacarosa, provocando una mayor aglomeración de partículas y la formación de parches pegajosos en la superficie (Arentz, 2018).

Asimismo, la obtención de este endulzante mediante el método de secado de aspersion visualmente demostró buena solubilidad, dispersión y estabilidad, lo que facilitó su incorporación en el chocolate y posiblemente sin afectar la apariencia del producto.

Atributo de color.

Esta valoración es fundamental en la evaluación sensorial de las barras de chocolate, ya que, atributos visuales, como el color, influyen significativamente en la experiencia sensorial, impactando en la evaluación de los consumidores de ciertos productos (Elimelech et al., 2024). El método de secado por aspersion impacta en las propiedades fisicoquímicas de la miel, como la degradación térmica de compuestos bioactivos, alteraciones de color y composición del azúcar (Vosoghi et al., 2025). Sin embargo, estos cambios no son notorios en la percepción del color por parte del panelista, debiéndose a la contribución dominante que aporta la pasta de nibs de cacao, cubriendo de manera visual el aporte de color del endulzante u otros ingredientes añadidos (Granda-Santos et al., 2020).

Atributo de Olor.

Aun cuando la miel conserva su olor después del secado por aspersion (Selvamuthukumar, 2020), los resultados confirman que la adición del endulzante no modifica el perfil del olor del chocolate. Esto se debe a que la maltodextrina, utilizada como agente de secado, actúa como una

matriz protectora de los compuestos volátiles, reduciendo su degradación térmica durante el proceso (Tontul y Topuz, 2017).

La dominancia del cacao como ingrediente del chocolate provee un olor intenso que predomina sobre otros ingredientes de la formulación. El olor, especialmente de chocolate negro, está compuesto por una serie de compuestos volátiles como pirazinas, pirroles, aldehídos, ácidos carboxílicos y alcoholes tal y como indica Liu et al. (2015), estos potencian el perfil de olor y resaltan frente a otros componentes. Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas puede deberse a que concentraciones reducidas de ingredientes suelen ser difíciles de detectar, especialmente en el chocolate, donde los compuestos volátiles del cacao predominan sobre otros (Harwood et al., 2012).

Aceptación Sabor Dulce, Sabor General y Aceptación General.

El Cuadro 11 muestra que se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la aceptación del sabor dulce, sabor y aceptación generales del chocolate ($p < 0.05$), encontrando que disminuyó a medida que incrementó el porcentaje de sustitución de azúcar por endulzante en polvo. El tratamiento control y muestra con 25% de endulzante en polvo presentaron la mayor valoración como “Ni me gusta ni me disgusta”.

Cuadro 11

Resultados del análisis sensorial en aceptación de los atributos de sabor dulce, sabor y aceptación generales en chocolate con sustitución de endulzante obtenido por secado por aspersión

Tratamiento	Sabor Dulce Media \pm DE	Sabor General Media \pm DE	Aceptación General Media \pm DE
Control	4.85 \pm 2.21 ^a	5.53 \pm 2.28 ^a	6.00 \pm 2.05 ^a
T1	5.25 \pm 2.12 ^a	5.59 \pm 2.20 ^a	6.23 \pm 1.95 ^a
T2	4.25 \pm 2.19 ^b	4.92 \pm 2.23 ^b	5.53 \pm 2.07 ^b
T3	3.74 \pm 1.88 ^c	4.29 \pm 2.12 ^c	4.91 \pm 2.03 ^c
C.V.%	36.66	32.49	25.55
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. a, b, c: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$), CV%: Coeficiente de Variación, DE: Desviación

Estándar, Control: adición de 100% de azúcar, TRT 1: adición de 25% de endulzante y 75% azúcar, TRT 2: adición de 50% de endulzante y 50% azúcar, TRT 3: adición de 100% de endulzante. Escala hedónica de 9 puntos, siendo uno, me disgusta extremadamente, 5 ni me gusta ni me disgusta y 9 me gusta extremadamente.

Sabor Dulce.

La miel, al estar compuesta de glucosa y fructosa (monosacáridos), presenta un poder edulcorante superior al de la sacarosa del azúcar. Sin embargo, esta disminución en el sabor puede atribuirse al uso de maltodextrina, que actúa como una matriz de encapsulación capaz de retener componentes asociados al perfil sensorial del producto, reduciendo la percepción del dulzor (Buljeta et al., 2021).

Puesto que el porcentaje de 80% de sólidos de cacao es el mismo en cada uno de los tratamientos, el sabor amargo característico del chocolate fue predominante, la puntuación hedónica más baja. Cano-Chauca et al. (2005) señalan que la maltodextrina, además de proteger los azúcares en el procesamiento, también puede modificar la liberación de compuestos volátiles y, en consecuencia, influir en la percepción del sabor suavizando y atenuando el sabor y la intensidad del dulzor.

Sabor General.

Las muestras con 100% azúcar y un 25% con endulzante en polvo fueron las más aceptadas, este resultado se relacionó principalmente con el mayor contenido de sacarosa en dichas formulaciones, que favoreció una percepción de *sabor* más equilibrada y similar al chocolate *tradicional*. Además, Osés et al. (2021), quienes señalaron que la maltodextrina utilizada en la miel disminuyó las notas florales y el dulzor característico de la miel, afectando negativamente la experiencia organoléptica y aceptación en aplicaciones alimentarias. Según el estudio de Casperson et al. (2019), el azúcar añadido en el chocolate no solo intensifica la experiencia sensorial, sino que también está estrechamente vinculado al placer generado durante su consumo, lo que promueve una respuesta similar a la adicción que fomenta la ingesta repetida, siendo difícil de superar con otros ingredientes.

Aceptación General.

Los resultados indicaron que el control y el tratamiento con menos endulzante en polvo fueron los más aceptados por los panelistas, siendo valorados como “Me gusta ligeramente”.

Andersen et al. (2024) observaron que la sustitución parcial de sacarosa por otros edulcorantes permitía mantener un nivel de aceptación cercano al control, mientras que sustituciones completas tendían a generar sabores indeseables o pérdida de aceptación.

Por otro lado, las muestras con más endulzante en polvo mostraron una disminución notable en la aceptación, siendo valorados entre “Me disgusta poco” y “Me gusta poco”. Esto coincide con lo reportado por Markey et al. (2015) quienes reportaron que los productos con reducción de azúcar suelen tener menor aceptación que sus contrapartes con azúcar completo, pero que muchas veces esas diferencias no son grandes y dependen de la familiaridad del consumidor con versiones menos dulces. Específicamente, el sabor general y el sabor dulce de estas muestras registraron puntuaciones más bajas, lo que indicó que las modificaciones en sus formulaciones alteraron el perfil sensorial y, por consiguiente, la aceptación de los panelistas. Esta menor valoración se atribuye a que el endulzante en polvo obtenido por secado por aspersion presentó una intensidad de dulzor inferior a la sacarosa, así como una liberación más lenta de compuestos aromáticos debido a la presencia de maltodextrina en su composición, lo cual redujo la percepción inmediata del dulzor y modificó el equilibrio entre los sabores amargo y ácidos propios del cacao, afectando negativamente la percepción sensorial general (Coupland y Hayes, 2014).

El análisis de correlación de Pearson permitió identificar que el sabor general y el sabor dulce fueron los principales determinantes de la aceptación, demostrando una correlación positiva alta y estadísticamente significativa. Además, la edad de los panelistas pudo haber influido, ya que los adultos jóvenes tienden a preferir sabores más dulces y menos amargos debido a su mayor sensibilidad gustativa. Por lo tanto, al contar con panelistas no entrenados, el sabor se consideró un factor decisivo en la aceptación (Anderson y O'Connor, 2019).

Prueba de Preferencia

La prueba de preferencia expresada en el Cuadro 12 demostró que el tratamiento control fue el más preferido, debido a que obtuvo una calificación menor en la suma de categorías. Según la tabla

de prueba de Basker y Kramer, el valor crítico entre suma de categorías para 100 panelistas y 4 tratamientos es de 46.9. A partir de este criterio, se encontró que no existieron diferencias en preferencia entre los tratamientos control y las dos muestras con 25% y con 50% de endulzante en polvo, ya que las diferencias de las sumatorias entre tratamientos fueron inferiores al valor crítico. En cambio, la muestra con 100% de endulzante en polvo mostró diferencia con valor mayor al punto crítico, siendo el menos preferido por los panelistas, esto se atribuye a la formulación del endulzante, que debido a la maltodextrina pudo disminuir sus notas aromáticas y florales, lo que redujo la preferencia de este tratamiento. De acuerdo con el estudio de Rawat et al. (2024), existe una asociación entre la edad y la preferencia por chocolates oscuros, indicando que los consumidores jóvenes tienden a evitar consumir formulaciones con un contenido de cacao igual o superior al 80%, debido a su mayor intensidad amarga y menor percepción de dulzor.

Cuadro 12

Resultados en el análisis sensorial afectivo con prueba de preferencia para muestras de chocolate

Tratamiento		Control	T1	T2	T3
Suma de Categorías		213	222	256	309
Control	213	0	-9	-43	-96
T1	222	9	0	-34	-87
T2	256	43	34	0	-53
T3	309	96	87	53	0

Nota. Valor crítico por Tabla de Prueba de Basker y Kramer "Valor crítico de diferencia entre suma de categorías", 46.9 Si el valor absoluto de suma de categorías es menor, no hay diferencia y los productos comparados son igualmente preferidos. Si el valor absoluto de suma de categorías es mayor, hay diferencia y los productos comparados son diferentes en preferencia.

Análisis de Textura Evaluado en Chocolate

En el Cuadro 13, se observa que la muestra con sustitución parcial del 25% de endulzante en polvo y el tratamiento control no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en valores de textura, lo que indica que el endulzante en polvo mantuvo dichos valores comparados al usar azúcar tradicional. Afoakwa et al. (2008) encontraron que la textura del chocolate se encuentra

influenciada por la distribución de partículas y el contenido de grasa, debiéndose a una adecuada dispersión de sólidos y la estabilización de la manteca de cacao.

Cuadro 13

Resultados del análisis de textura en muestras de chocolate adicionado con endulzante obtenido por secado por aspersión

Tratamiento	Dureza (N) Media ± DE	Deformación (mm) Media ± DE	Trabajo (mJ) Media ± DE	Adhesividad (N) Media ± DE
Control	41.43±8.39	0.43±0.05	52.90±4.83	-0.10±0.005
T1	32.48±3.85	0.60±0.10	48.29±3.27	-0.12±0.01
CV%	10.28	7.9	10.38	11.08
Probabilidad	0.1454	0.0723	0.7003	0.5292

Nota. CV%: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar

Las tendencias observadas pueden atribuirse principalmente al bajo nivel de sustitución del endulzante en polvo, ya que, el tratamiento con 25% contenía un 75% de azúcar, lo que reduce las diferencias entre tratamientos sobre las propiedades texturales del chocolate. Por otro lado, estudios previos han reportado que la adición de este tipo de endulzante en productos de cacao puede generar modificaciones sensoriales y funcionales, incluso cuando no se observan cambios drásticos en textura instrumental (Tušek y Benković, 2024). Asimismo, se ha observado que el secado por aspersión, al ser aplicado a soluciones de miel con maltodextrina, puede dar lugar a polvos con buena solubilidad y propiedades funcionales que influyen en productos como el chocolate (Suhag et al., 2021). Estos mejoran la dispersión de los sólidos, reducen humedad disponible y favorecen una textura más homogénea y estable (Fernandes et al., 2021).

Feichtinger et al. señalan que una distribución estructural más uniforme de las partículas mejora la organización de los sólidos en la matriz del chocolate, disminuyendo la fricción interna y suavizando la textura final del producto, lo que influye positivamente en la dureza y la adhesividad. Además, investigaciones relacionadas con chocolates formulados con polvos funcionales han reportado que el tamaño de partícula y las propiedades del ingrediente seco pueden modificar estos

parámetros, aunque no siempre generan diferencias estadísticamente significativas (Keogh et al., 2004).

Conclusiones

Se concluye que el endulzante secado por aspersión presentó un polvo de color claro, baja actividad de agua, rápida humectabilidad y alta solubilidad, características que favorecen su incorporación en matrices alimentarias.

La sustitución de un 25% del azúcar por el endulzante en polvo mantuvo la aceptación y referencia sensorial del chocolate oscuro. Sin embargo, niveles de reemplazo iguales o superiores al 50% disminuyeron la aceptación, por posible enmascaramiento de sabores provocado por la maltodextrina.

El análisis de textura indicó que la sustitución de un 25% del azúcar por endulzante secado por aspersión mantuvo la estructura y el comportamiento mecánico del chocolate.

Recomendaciones

Realizar estudios de vida útil (físicoquímica, microbiológica y sensorial) del chocolate con endulzante bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Se recomienda realizar pruebas utilizando chocolates con un menor porcentaje de sólidos de cacao (60–70 %) para explorar si una matriz menos intensa permite incorporar mayores cantidades de endulzante sin afectar el perfil sensorial.

Realizar la reformulación del endulzante utilizando diferentes agentes de secado o combinaciones con menor contenido de maltodextrina.

Examinar la aplicación de este endulzante en otros productos de confitería con perfiles de sabor más neutros, como coberturas, rellenos o barras energéticas

Referencias

- Afoakwa, E. O. (2016). *Chocolate Science and Technology*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118913758>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M. y Vieira, J. (2008). Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International*, 41(7), 751–757. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.05.009>
- Aliji, S., Djurkov, T. y Uzunova, G. (2025). The Influence of Carriers During the Drying of Honey with a Spray Dryer. *BIO Web of Conferences*, 170. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202517001019>
- Alvarez Gaona, I. J., Fanzone, M. L., Chirife, J., Ferreras-Charro, R., García-Estévez, I., Teresa Escribano-Bailón, M. y Galmarini, M. V. (2024). Phenolic composition and sensory dynamic profile of chocolate samples enriched with red wine and blueberry powders. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 179, 113971. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113971>
- Andersen, G. B. H., Christensen, C. L. D., Castura, J. C., Alexi, N., Byrne, D. V. y Kidmose, U. (2024). Sugar Replacement in Chocolate-Flavored Milk: Differences in Consumer Segments' Liking of Sweetener Systems Relate to Temporal Perception. *Beverages*, 10(3), 54. <https://doi.org/10.3390/beverages10030054>
- Anderson, C. L. y O'Connor, E. L. (2019). The effect of the health star rating on consumer decision-making. *Food Quality and Preference*, 73, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.005>
- Aragüez, Y., Pino, J. A., Bringas, M., Alfonso, N. y Roncal, E. (2015). Optimización del secado por atomización de miel de abeja: Optimization of bee honey spray-drying. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(3), 6–13. <https://revcital.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/es/article/view/247>
- Arentz, H. (2018). *Lowering Sugars in Dark Chocolate through Alternative Sweeteners* [Reporte]. Kansas State University, Estados Unidos. <https://krex.k-state.edu/server/api/core/bitstreams/27493e0e-8ed6-4679-99ae-2443d4669ab3/content>
- Baydin, T., Dille, M. J., Aarstad, O. A., Hattrem, M. N. y Draget, K. I. (2023). The impact of sugar alcohols and sucrose on the physical properties, long-term storage stability, and processability of fish gelatin gels. *Journal of Food Engineering*, 341, 111–334. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111334>
- Bourne, M. C. (2002). Texture, Viscosity, and Food. En *Food Texture and Viscosity* (pp. 1–32). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-012119062-0/50001-2>
- Briones, V. y Aguilera, J. M. (2005). Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, 38(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.09.002>
- Buljeta, I., Pichler, A., Ivić, I., Šimunović, J. y Kopjar, M. (2021). Encapsulation of Fruit Flavor Compounds through Interaction with Polysaccharides. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(14). <https://doi.org/10.3390/molecules26144207>
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M. y Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization.

- Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420–428.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Cantero, L., González-Ceballos, L., Vallejos, S., Puertas, G., Fernández-Muiño, M. A., Sancho, M. T [M. Teresa] y Osés, S. M [Sandra M.] (2023). Impact of the Drying Procedure and Botanical Origin on the Physico-Chemical and Potentially Bioactive Properties of Honey Powders. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/foods12213990>
- Casperson, S. L., Lanza, L., Albajri, E. y Nasser, J. A. (2019). Increasing Chocolate's Sugar Content Enhances Its Psychoactive Effects and Intake. *Nutrients*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/nu11030596>
- Chérrez, A. E., Chillogalli Alonso, J. A., Feijoo Fernández, J. N. y Rondal Simbaña, J. D. (2025). Liofilización de Miel de Abeja usando Maltodextrina como Encapsulante para la Producción de Miel en Polvo. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 6(1), 990–1003. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.445>
- Codex (2022). *Norma para la Miel*. (Alimentaria). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012s.pdf
- Coupland, J. N. y Hayes, J. E. (2014). Physical approaches to masking bitter taste: Lessons from food and pharmaceuticals. *Pharmaceutical Research*, 31(11), 2921–2939. <https://doi.org/10.1007/s11095-014-1480-6>
- Elimelech, E., Ert, E., Parag, Y. y Hochman, G. (2024). Exploring the Impact of Visual Perception and Taste Experience on Consumers' Acceptance of Suboptimal Fresh Produce. *Sustainability*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/su16072698>
- Esquivel-González, Ochoa Martínez y Rutiaga-Quiñones (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 180–192. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>
- Feichtinger, A., Scholten, E. y Sala, G. (2020). Effect of particle size distribution on rheological properties of chocolate. *Food & Function*, 11(11), 9547–9559. <https://doi.org/10.1039/D0FO01655A>
- Fernandes, R. N., Simiqueli, A. A., Vidigal, M. C. T. R., Minim, V. P. R. y Minim, L. A. (2021). Kinetic stability of the oil-in-water emulsions and dynamic interfacial properties of mixtures of sucrose esters and polysaccharides. *Food Chemistry*, 357, 129693. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129693>
- Fitzpatrick, J. J., van Lauwe, A., Coursol, M., O'Brien, A., Fitzpatrick, K. L., Ji, J. y Miao, S. (2016). Investigation of the rehydration behaviour of food powders by comparing the behaviour of twelve powders with different properties. *Powder Technology*, 297, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.04.036>
- Ganaie, T. A., Masoodi, F. A., Rather, S. A. y Gani, A. (2021). Exploiting maltodextrin and whey protein isolate macromolecules as carriers for the development of freeze dried honey powder. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100040>

- García-Chaviano, M. E., Armenteros-Rodríguez, E., Del Escobar-Álvarez, M. C., García-Chaviano, J. A., Méndez-Martínez, J. y Ramos-Castro, G. (2022). Composición Química de la Miel de Abeja y su Relación con los Beneficios a la Salud. *Revista Médica Electrónica*, 44(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242022000100155&lng=es&tlng=es
- Gonzalez Perez, L., Figueredo Urbina, C., Luna Rodriguez, L., Robles Ortiz, D. y Medina Pérez, G. (2024). Vista de Una breve revisión de la composición y valor nutracéutico de la miel de Apis mellifera. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 10(20), 1–9. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/view/12886/11423>
- Granados Conde, C., Torrenegra Alarcón, M., León Méndez, G., Arrieta Pineda, Y., Jiménez Nieto, J. y Carriaz Marmolejo, L. (2019). Deshidratación Osmótica Método Alternativo de Conservación de Alimentos. *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 17(2). https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/4005.
- Granda-Santos, M. S., Leiva-Espinoza, S. T., Oliva, M. y Milla Pino, M. E. (2020). Caracterización físico química y sensorial de chocolate para taza, elaborado con harinas de quinua, maca y plátano. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 4(2), 69–77. <https://doi.org/10.25127/aps.20202.562>
- Grande, J. (2019). Lab. Química Orgánica I / Informe 3. Pruebas de solubilidad. *Química Orgánica / Universidad Industrial De Santander / Bucaramanga*. https://www.academia.edu/39363258/Lab_Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica_I_Informe_3_Pruebas_de_solubilidad
- Habryka, C., Socha, R. y Juszczak, L. (2021). Effect of Bee Pollen Addition on the Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Quality Parameters of Honey. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antiox10050810>
- Harwood, M. L., Ziegler, G. R. y Hayes, J. E. (2012). Rejection thresholds in solid chocolate-flavored compound coating. *Journal of Food Science*, 77(10), S390-3. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02889.x>
- Huamani-H, A., Ponce-Ramírez, J. y Málaga-Juárez, J. (2020). Optimization of the quinoa cooking process using the 3k design and the desirability function: Degree of gelatinization, water absorption index, solubility index and cotyledon detachment. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 381–390. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
- Jaya, S. y Das, H. (2009). Glass Transition and Sticky Point Temperatures and Stability/Mobility Diagram of Fruit Powders. *Food and Bioprocess Technology*, 2(1), 89–95. <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0047-5>
- Jiamjariyatam, R., Mekkerdchoo, O., Phucharoenrak, P. y Zheng, L. (2024). Effects of freeze-drying and vacuum-drying on the quality, total phenolic contents, and antioxidant activities of bee honey in northern Thailand. *AIMS Agriculture and Food*, 9(2), 430–444. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2024025>
- Jinapong, N., Suphantharika, M. y Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>

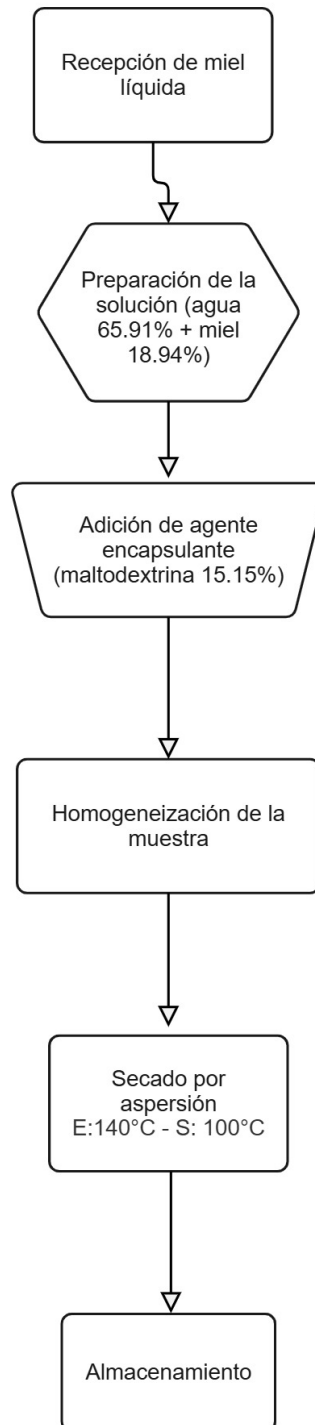
- Keogh, K., Murray, C., Kelly, J. y O'Kennedy, B. (2004). Effect of the particle size of spray-dried milk powder on some properties of chocolate. *Le Lait*, 84(4), 375–384. <https://doi.org/10.1051/lait:2004013>
- Kılınç, M. y Kürşat, M. (2017). The Facilities Of Spray Dried Honey Powder Use As A Substitute For Sugar In Cookie Production. *Journal of Food and Health Science*, 67–74. <https://doi.org/10.3153/JFHS17009>
- Lawless, H. T. y Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food Science Principles and Practices* (2^a ed.). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Liu, J., Liu, M., He, C., Song, H., Guo, J., Wang, Y., Yang, H. y Su, X. (2015). A comparative study of aroma-active compounds between dark and milk chocolate: Relationship to sensory perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1362–1372. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6831>
- Lonchamp, P. y Hartel, R. W. (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4), 241–274. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200400938>
- Markey, O., Lovegrove, J. A. y Methven, L. (2015). Sensory profiles and consumer acceptability of a range of sugar-reduced products on the UK market. *Food Research International*, 72, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.03.012>
- Mutlu, C. y Erbas, M. (2021). Evaluating the effects of different drying methods, carrier materials and their ratios to produce bioactive honey-like powder. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 364–373. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1885877>
- Nedic, N., Gojak, M., Zlatanovic, I., Rudonja, N., Lazarevic, K., Drazic, M., Gligorevic, K. y Pajic, M. (2020). Study of vacuum and freeze drying of bee honey. *Thermal Science*, 24(6 Part B), 4241–4251. <https://doi.org/10.2298/TSCI200317194N>
- Nurhadi, B., Andoyo, R. y Indiarto, R. (2012). Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *International Food Research Journal*, 19(3), 849–854. https://www.researchgate.net/publication/275947213_Study_the_properties_of_honey_powder_produced_from_spray_drying_and_vacuum_drying_method
- Osés, S. M [Sandra María], Cantero, L., Crespo, M., Puertas, G., González-Ceballos, L., Vallejos, S., Fernández-Muiño, M. Á. y Sancho, M. T [María Teresa] (2021). Attributes of ling-heather honey powder obtained by different methods with several carriers. *LWT*, 150, 112063. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112063>
- Osorio, V., Pabón, J. y Gómez, C. R. (2024). Efecto del porcentaje de humedad del café en la actividad de agua. *Revista Cenicafé*, 75(1). <https://doi.org/10.38141/10778/75104>
- Pino, J. A., Bringas, M. y Aragüez, Y. (2016). Conocimientos actuales sobre el secado por aspersión de la miel: Current knowledge on the spray drying of honey. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 26(2), 74–81. <https://revcital.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/es/article/view/196>
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albuja, M. y Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>

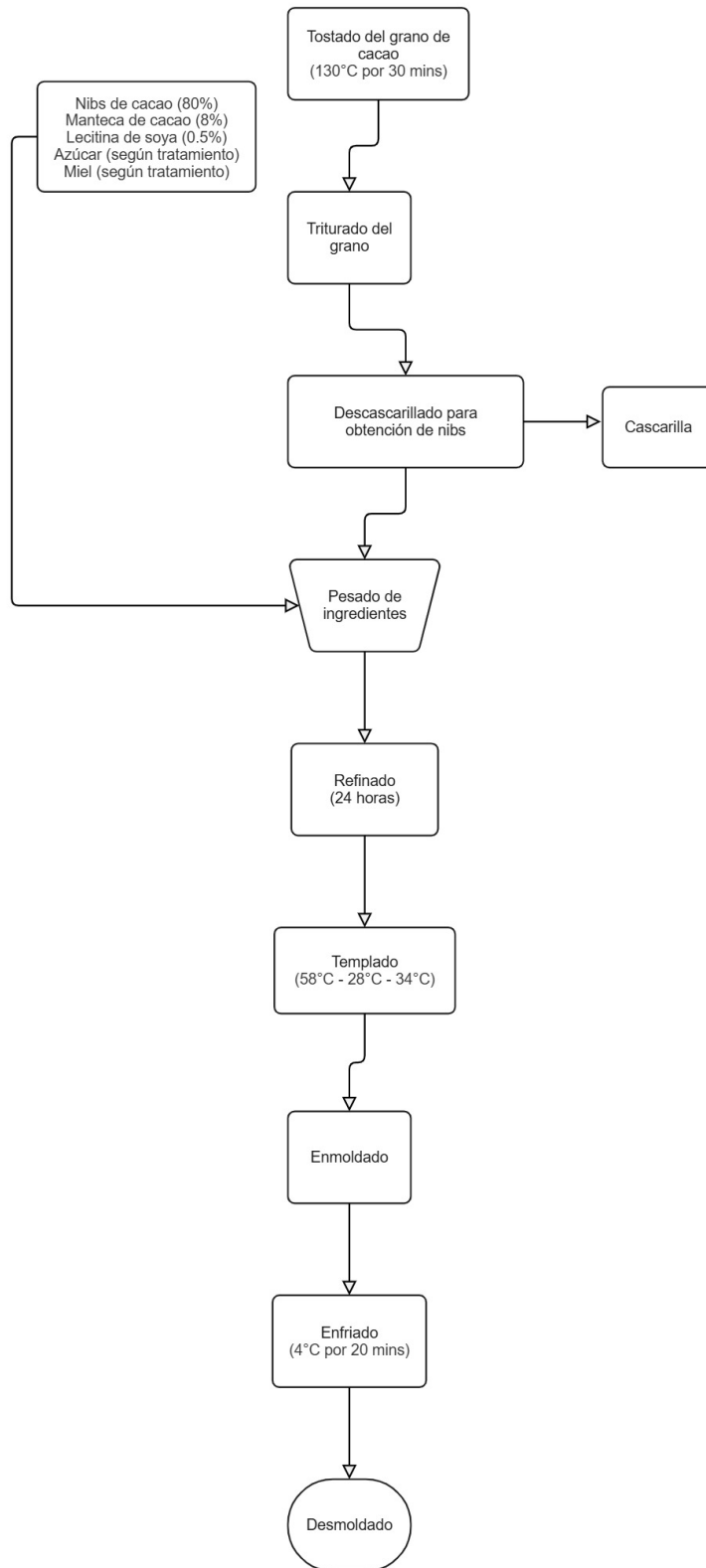
- Rawat, K., Ansari, N. y Vidani, J. (2024). Gen Z Chocolate Preference: Dark Chocolate VS Chocolate. *Kalpari Journal of Business and Economics*, 1(2), 109–132. <https://journal.formosapublisher.org/index.php/kalpari/article/download/12483/12260/49575>
- Rusli, A. A., Mohamad, N. J., Mahmood, A. y Ibrahim, N. H. (2024). Characterisation of vacuum dried honey-sugar powder as affected by drying temperature and sugar carrier ratio for further application in chocolate. *International Food Research Journal*, 31(2), 352–367. <https://doi.org/10.47836/ifrj.31.2.07>
- Samborska, K., Gajek, P. y Kaminska-Dworznicka, A. (2015). Spray Drying of Honey: The Effect of Drying Aids on Powder Properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65(2), 109–118. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2013-0012>
- Scholz, M. B. D. S., Quinhone Júnior, A., Delamuta, B. H., Nakamura, J. M., Baudraz, M. C., Reis, M. O., Kato, T., Pedrão, M. R., Dias, L. F., Dos Santos, D. T. R., Kitzberger, C. S. G. y Bianchini, F. P. (2020). Indication of the geographical origin of honey using its physicochemical characteristics and multivariate analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1896–1903. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04225-3>
- Selvamuthukumar, M. (2020). *Handbook on Spray Drying Applications for Food Industries*. CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=KxSiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Handbook+on+Spray+Drying+Applications+for+Food+Industries&ots=7W2OelQCaY&sig=HMi0s5wWcSz8eVHKz6RuYNCuOTk>
- Shafiei, G., Karimpour, F., Sabbaghi, H., Jamei, S., Khodabandeh, S. y Panahande, S. B. (2024). *The effect of chocolate with high inulin, erythritol, and stevia instead of sugar on diabetic patients, a protocol of the randomized clinical trial*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4585974/v1>
- Sotomayor, M. F. y Vargas, D. A. (2017). *Optimización de extracción, microencapsulación y evaluación de la capacidad antioxidante de antocianinas de flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) mediante ...* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. RIS. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6071/1/agi-2017-049.pdf>
- Stobbs, J. A., Ghazani, S. M., Donnelly, M.-E. y Marangoni, A. G. (2025). Chocolate Tempering: A Perspective. *Crystal Growth & Design*, 25(9), 2764–2783. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.5c00269>
- Suhag, Y. y Nanda, V. (2016). Degradation kinetics of ascorbic acid in encapsulated spray-dried honey powder packaged in aluminium laminated polyethylene and high-density polyethylene. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 645–653. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1174939>
- Suhag, Y., Nayik, G. A., Karabagias, I. K. y Nanda, V. (2021). Development and Characterization of a Nutritionally Rich Spray-Dried Honey Powder. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010162>
- Tapia, M. S. (2020). Contribución al concepto de actividad del agua (AW) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en Latinoamérica y Venezuela. *Boletín De La Academia De Ciencias Físicas, Matemáticas Y Naturales*, 80(2), 18–40. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2022/07/LXXX.N2.P18-40.2020.pdf>

- Tomczyk, M., Zagała, G., Tarapatskyy, M., Kačániová, M. y Džugan, M. (2020). The Effect Of Honey Variety On The Quality Of Honey Powder. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(5), 949–954. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.5.949-954>
- Tontul, I. y Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009>
- Tušek, K. y Benković, M. (2024). Development of Novel Honey- and Oat-Based Cocoa Beverages-A Comprehensive Analysis of the Impact of Drying Temperature and Mixture Composition on Physical, Chemical and Sensory Properties. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 29(19). <https://doi.org/10.3390/molecules29194665>
- Villafuerte-Carrillo, F. R., Sancho Aguilera, D., Enríquez-Estrella, M. Á., Basantes-Basantes, E. F. y Ruíz-Mármol, H. P. (2024). Operaciones unitarias para la producción de chocolate negro, con leche y blanco. Una revisión sistemática. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 11(2), 64–86. <https://doi.org/10.23850/24220582.6533>
- Vit, P., Herrera, P., Rodríguez, D. y Carmona, J. C. (2008). Caracterización de polen apícola fresco recolectado en Cacute, en los Andes Venezolanos. *INHRR*, 39(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772008000200002
- Vosoghi, M., Yousefi, S. y Honarvar, M. (2025). Physicochemical and sensory properties of honey powder from different climatic regions. *Applied Food Research*, 5(1), 100843. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100843>
- Zhao, H. y James, B. J. (2019). Fat bloom formation on model chocolate stored under steady and cycling temperatures. *Journal of Food Engineering*, 249, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.12.008>

Anexos**Anexo A**

Flujo de proceso del endulzante obtenido por secado por aspersión



Anexo B*Flujo de proceso del chocolate*

Anexo C

Boleta de evaluación sensorial

Evaluación sensorial de chocolate con adición de miel en polvo

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

Frente a usted se presentan 4 muestras de chocolate. Por favor observe y pruebe cada una de ellas en el orden en que se le presentan de izquierda a derecha. Antes y después de probar cada muestra de chocolate limpie su paladar con un trozo de galleta y un sorbo de agua. En la hoja coloque el código de la muestra en el casillero asignado, e indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo usando la escala del cuadro 1, y colocando el puntaje debajo de la casilla correspondiente en cuadro 2.

Cuadro 1. Escala hedónica

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

Cuadro 2. Evaluación de atributos

Atributos	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
Apariencia				
Color				
Olor				
Sabor dulce				
Sabor general				
Textura				
Aceptación general				

Comentarios: _____

Ordene las muestras de mayor a menor preferencia. Escriba el código de la muestra en el espacio asignado, siendo 1 la muestra más preferida y el número 4 la muestra menos preferida.

Preferencia	Muestra-código
1. Más preferida	
2.	
3.	
4. Menos preferida	

Justificación de su elección: _____

Anexo D

Tabla de prueba de valor crítico de Basker y Kramer

Número de panelistas	Número de productos								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.3	36.9	44.1	51.4	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	29.9	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	30.5	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1
27	10.2	17.2	24.4	31.1	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	31.7	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.3	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	32.8	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	33.4	42.0	50.2	59.4	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.0	42.6	51.0	60.3	60.3	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	61.2	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	62.1	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	63	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.9	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	64.7	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	67.2	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.5	31.8	41.4	51.1	61.1	71.2	81.5	91.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72	82.4	92.1
48	13.6	23.0	32.5	42.3	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104.9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105	120.1	135.5
110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115	131.6	148.4

Ref: Lawless HT, Heymann H. Sensory evaluation of food. Principles and practices. Kluwer Academic Plenum Publishers. New York, London, Dordrecht, Boston, 1998.

Anexo E

Análisis de correlación entre atributos de la evaluación sensorial

	Apariencia	Color	Olor	Sabor Dulce	Sabor General	Textura	Aceptación General
Apariencia	1						
Color	0.79373 (<0.0001)	1					
Olor	0.60097 (<0.0001)	0.68666 (<0.0001)	1				
Sabor dulce	0.32135 (<0.0001)	0.29075 (<0.0001)	0.39830 (<0.0001)	1			
Sabor General	0.35780 (<0.0001)	0.31443 (<0.0001)	0.41704 (<0.0001)	0.82299 (<0.0001)	1		
Textura	0.47302 (<0.0001)	0.43981 (<0.0001)	0.45112 (<0.0001)	0.42938 (<0.0001)	0.44138 (<0.0001)	1	
Aceptación General	0.41426 (<0.0001)	0.38809 (<0.0001)	0.45894 (<0.0001)	0.76443 (<0.0001)	0.84609 (<0.0001)	0.52742 (<0.0001)	1