

Investigación Original

Revalorización de cáscara y mucílago de café (*coffea arabica*) en alimentación humana

Jorge A. Cardona 


jcardona@zamorano.edu

Profesor Asociado

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Sandra K. Espinosa Velásquez 

sespinoza@zamorano.edu

Profesora asistente

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Vilma L. López Gómez

vilma.lopez.2022@alumni.zamorano.edu

Estudiante de pregrado

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Syomora G. Insuasti Benítez

syomara.insuasti.2022@alumni.zamorano.edu

Estudiante de pregrado

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Juan F. Choto Chávez

juan.choto.2022@alumni.zamorano.edu

Estudiante de pregrado

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Iris L. Cab Molina

iris.cab.2022@alumni.zamorano.edu

Estudiante de pregrado

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Honduras

Historial del artículo:

Recibido febrero 14, 2024. Aceptado septiembre 10, 2024. Publicado noviembre 15, 2024.

Cómo citar: Cardona, J., Espinoza Velásquez, S. K., López Gómez, V. L., Insuasti Benítez, S. G., Choto Chávez, J. F., &

Cab Molina, I. L. (2024). Revalorización de cáscara y mucílago de café (*coffea arabica*) en alimentación humana. *Ceiba*, 57(2), 148-177. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v57i2.19070>

Resumen. La pulpa y mucílago constituyen potenciales contaminantes en el beneficio húmedo de café. Sin embargo, estos coproductos presentan un alto valor nutricional con bajo nivel calórico. El propósito de esta investigación fue evaluar el uso potencial de pulpa y mucílago de café como ingredientes en la industria de panificación sustituyendo ingredientes como harina de trigo (HT) y miel, respectivamente. Se realizaron diseños de bloques completos al azar (BCA), analizados mediante ANDEVA con separación de medias Duncan y probabilidad menor a 5% ($p \leq .05$). En primer lugar, se evaluó pulpa de café y su efecto en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales en la elaboración de brownies. Se realizó un análisis proximal a la harina de pulpa de café (HPC) de las variedades Catuaí y Lempira. Se desarrollaron brownies con cuatro formulaciones incluida la muestra control con sustitución parcial de HT por 30, 40 y 50% de HPC (Fase I). Posteriormente, se escogió la formulación con 50% de HPC como control para desarrollar tres formulaciones con reducciones del aporte calórico por grasa, azúcar y ambos en la segunda fase del estudio. Los brownies de ambas fases se sometieron a análisis sensorial, de textura y color. Se realizó un análisis de proteína y fibra dietética comparando el brownie control (100% HT) y el brownie bajo en calorías (50% HPC y reducción de azúcar). Se evaluó la humedad (6.23%), carbohidratos (48.55%), proteína (8.84%), grasa (2.60%), cenizas (7.61%) y fibra cruda (25.86%) de la HPC con un aporte nutricional de 391.95 Kcal/100 g. A mayor contenido de HPC hubo mejor aceptación, consistencia más rígida y color más oscuro en los brownies. Los brownies con reducción de grasa y azúcar tuvieron buena aceptación a pesar de la disminución del aporte calórico y diferencias en parámetros físicos. El brownie con 50% de HPC y reducción de azúcar obtuvo un alto contenido de fibra, haciendo de este coproducto un potencial ingrediente para reducir el consumo de harinas convencionales. Paralelamente, se evaluó el uso de mucílago concentrado de café (MCC) como sustituto de miel en galletas. Se desarrollaron tres tratamientos de galletas con diferentes sustituciones (0, 50 y 75%) de miel por MCC. Se analizó el efecto de esta sustitución en color, calorías, textura de las galletas y atributos sensoriales de aceptación. El tratamiento de 50% de sustitución con MCC en galletas, mejoró la textura y obtuvo resultados similares en aceptación en contraste con la galleta con miel (control). Se concluyó que el MCC si generó cambios fisicoquímicos en la formulación de galletas, pero que se puede reducir el uso de edulcorantes como miel y azúcar en la formulación de galletas. En general, se demostró aplicaciones y usos de coproductos que actualmente son desechados o utilizados como abono orgánico en fincas de café. Se deben continuar evaluando alternativas de revalorización de estos materiales y reinsertarlos en alimentación humana como prioridad.

Palabras Clave: Alternativas, coproductos, fibra dietética, reducción calórica, meriendas saludables.

Upcycling of coffee pulp and mucilage (*coffea arabica*) in human foods

Abstract. Pulp and mucilage comprise potential contaminants in wet coffee processing. Nevertheless, these co-products represent a high nutritional value with low caloric level. The objective of this study was to evaluate the potential use of coffee pulp and mucilage as ingredients in the baking industry

substituting ingredients like wheat flour (HT) and honey, respectively. Randomized complete block designs (RCBD) were implemented, analyzed through and ANOVA with Duncan mean's separation and a probability lower than 5% ($p \leq .05$). First, the effects of coffee pulp on the physicochemical, sensory and nutritional characteristics of brownies were evaluated. Proximal analysis was conducted on the coffee pulp flour (HPC) from the Catuai and Lempira varieties. Brownies were developed with four formulations including a control and partial substitutions of WF with 30, 40 y 50% HPC (Phase I). Subsequently, the 50% HPC formulation was chosen as a control to develop three formulations with reduction in caloric intake from fat, sugar and both for the second phase of the study. Sensory, texture, and color analyses were evaluated in brownies in both phases. A protein and dietary fiber analysis was performed comparing the control brownie (100% HT) and the low-calorie brownie (50% HPC and reduced sugar). Humidity (6.23%), carbohydrates (48.55%), protein (8.84%), fat (2.60%), ash (7.61%), and crude fiber (25.86%) were evaluated in HPC with a caloric contribution of 391.95 Kcal/100 g. As HPC content was increased, better acceptance, more rigid consistency and darker color were observed in brownies. Brownies with a reduction of fat and sugar had good acceptance despite the decrease of calorie intake and differences in physical parameters. The 50% HPC brownie with reduced sugar resulted in high fiber content, making this co-product a potential ingredient to reduce the use of conventional flours. In parallel, the use of concentrated coffee mucilage (MCC) as a substitute for honey was evaluated in cookies. Three cookie treatments were developed with substitutions (0, 50, 75%) of honey by MCC. The effect of these substitutions were evaluated in cookie color, calories, texture and sensory attributes of acceptance. The treatment with 50% MCC substitution resulted in better texture in cookies showing similar results in consumer acceptance compared to the honey sweetened cookies (control). It was concluded that the MCC did generate physicochemical changes in product formulation, but a partial substitution of sweeteners such as honey and sugar could be achieved. In general, uses and applications were demonstrated for co-products that are currently discarded or used as organic fertilizers on coffee farms. Alternatives for revaluing these materials should continue to be evaluated and their reintroduction into human food as a priority.

Keywords: Alternatives, co-products, dietary fiber, caloric reduction, healthy snacks.

Introducción

El café es la bebida más consumida en el mundo que se obtiene de un arbusto llamado cafeto, que puede llegar a vivir 70 años (Rojo-Jiménez y Pérez-Urria, 2014). Su floración se da a partir de los 3 años de la plantación del cultivo, pero su producción óptima se presenta hasta después del quinto año de producción (Ramírez-Prada, 2010). Honduras tiene una gran participación en la producción y comercio de café, ocupando el séptimo puesto a nivel mundial y principal productor en Centroamérica

con una producción anual de 6,100 bolsas de 60 kg de café verde (Instituto Hondureño del Café IHCAFE, 2021; Organización Internacional del Café ICO, 2021). El café producido proviene de las regiones montañosas de 210 municipios pertenecientes a 15 departamentos del país, de allí que este genera alrededor de 1 millón de trabajos representando casi el 38% del PIB agrícola (IHCAFE 2021).

Según Rodríguez-Valencia y Zambrano-Franco (2010) en el proceso de cultivo e industrialización del café solamente se aprovecha el 5% del peso del fruto fresco para

la preparación de la bebida. Mientras que, el 95% restante se compone de residuos orgánicos con diferentes composiciones químicas (Fernández-Cortés *et al.*, 2020). Los principales subproductos que se generan en el proceso de beneficio e industrialización del fruto de café y en los procesos de renovación del cultivo son: pulpa, mucílago, cascarilla, pasillas, tallos de café, entre otros (Vanegas, 2016). De estos, la pulpa de café es el primer residuo obtenido del procesamiento y representa en base húmeda alrededor del 44% del peso del fruto fresco (Rodríguez-Valencia y Zambrano-Franco, 2010).

En este sentido, el beneficiado húmedo tradicional, es el método que genera mayor cantidad de desechos sólidos y líquidos (Gaitán-Yaeggy, 1998), proceso del cual la pulpa y el mucílago de café se consideran potenciales fuentes de contaminación, ya que, suelen ser desechados en cuerpos de agua cercanos a lugares de procesamiento del café (Rugama-Espinoza y Save-Monserrat, 2013; Vásquez, 2016). Según Rugama Espinoza y Save Monserrat (2013) el proceso de despulpado y lavado de 1 kg de café genera una cantidad de agua y material contaminante equivalente al producido por 6 personas en un día.

Este tipo de desechos se caracterizan por contener una gran cantidad de materia orgánica, nutrientes de valores altos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y STS (Sólidos Totales en Suspensión) (Senthilkumar *et al.*, 2020). Debido a ello, se ha propuesto el uso de este tipo de subproductos como componentes útiles para crear valor y al mismo tiempo reducir el impacto sobre el medio ambiente ocasionado por un manejo inadecuado de estos (Mejías-Brizuela *et al.*, 2016). Por lo tanto, es importante evaluar alternativas de uso para subproductos del café.

Propósito/Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron: (1) caracterizar harina de pulpa y mucílago concentrado de café, (2) desarrollar brownies y galletas con sustituciones parciales de harina de trigo por harina de pulpa de café y de miel por mucílago de café, respectivamente, (3) determinar las formulaciones de brownies y galletas que presenten mayor aceptación y preferencia a nivel sensorial, (4) determinar el efecto de la sustitución parcial de estos co-productos en características fisicoquímicas y nutricionales de productos desarrollados (brownies y galletas).

Metodología

Área del estudio

El proyecto fue realizado en el Centro de Innovación y Tecnología de Alimentos del Departamento de Agroindustria Alimentaria de Zamorano (CITAZ). Se estabilizaron las materias primas en la Planta Hortofrutícola, se desarrollaron los prototipos en la Planta de Innovación de Alimentos, se realizaron análisis químicos y sensoriales en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y en el Laboratorio de Análisis Sensorial, respectivamente.

Obtención de muestras

Café cereza de las variedades Catuái y Lempira fue cosechado durante el tercer corte (Febrero 2022) en una finca ubicada en Ajuterique, Comayagua, Honduras (1,800 msnm) con edad promedio de 5 años. El café fue despulpado de forma mecánica y se colectó inmediatamente la pulpa que fue sometida a un secado solar (2 días) en un beneficio de café (Comayagua) para reducir su humedad por debajo de 10%. Posteriormente, el café fue transportado al CITAZ donde se procedió con un secado final (deshidratador Lassele modelo DY-110 H), distribuyendo la materia prima en un total de 10 bandejas, con 1 ± 0.2 kg de pulpa de café en cada bandeja que se mantuvo en 70°C por 30 minutos, temperatura 7°C mayor a la descrita por SENASA (2010) para

pasteurización. La pulpa deshidratada con humedad menor a 5% pasó a un proceso de molienda para la obtención de la harina de pulpa de café (HPC) con una rejilla de molino de 1 mm.

Por su parte, se colectaron 25 litros de mucílago durante el desmucilaginado mecánico de café (var. Parainema) en estado de madurez fisiológica del segundo corte del año 2022 en El Paraíso. En menos de 12 horas luego de cosecha, el mucílago fue trasladado en hielo al CITAZ e inmediatamente refrigerado hasta su preparación. Se realizó un proceso de filtrado mediante una despulpadora (Maquinox JL, modelo MX 500), con la finalidad de eliminar impurezas contenidas en el mucílago de café. Luego, se aplicó un tratamiento térmico de pasteurización en marmita (Lee industries, modelo 60D) a una temperatura de $62.5 \pm 2.5^\circ\text{C}$ por 45 minutos. El mucílago se procesó utilizando una concentradora al vacío (Lee Industries, modelo 75D7S) que elevó la temperatura en condiciones de baja presión para evaporar el agua de manera más rápida sin afectar las características de la materia prima. Se concentró el mucílago por 30 minutos a $76\text{--}80^\circ\text{C}$ para incrementar los sólidos solubles debido al uso como edulcorante que se pretendía para esta materia prima. La muestra final se dejó enfriar a temperatura ambiente y se midió los sólidos solubles. Posteriormente el mucílago concentrado de café (MCC) se almacenó en congelador rápido (Bally Refrigerated Boxes Inc) a -18°C hasta el momento de su uso.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para la caracterización de materias primas (Fase I) se realizaron tres repeticiones y una evaluación de medidas de tendencia central y dispersión. En las siguientes fases del estudio se realizaron bloques completos al azar (BCA) para evaluaciones sensoriales de aceptación, uso de tablas Basker para análisis sensorial de preferencia, diseño completamente al azar (DCA) para evaluaciones fisicoquímicas y prueba pareada (T-students) para análisis de

proteína y fibra de HPC. Los resultados de las fases II y III del estudio analizaron mediante el programa “Statistical Analysis System” (SAS Versión 9.1®). Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias Duncan y una probabilidad $p \leq 0.05$ tanto para evaluaciones sensoriales como para análisis fisicoquímicos. Se realizó un análisis de correlación de los atributos sensoriales. Los análisis estadísticos realizados tuvieron un nivel de significancia del 95% para determinar si existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Fase I. Caracterización de materias primas

Se realizó una caracterización fisicoquímica de HPC y MCC, para determinar la composición y características de estas.

Humedad (HPC y MCC)

Para la determinación de humedad se utilizó el método AOAC-950.56B. Para efectos del cual se dio un previo secado de los crisoles. Se pesaron muestras de HPC o MCC (3 g) y se dejaron en el horno de convección Fisher Scientific 750F a $100\text{--}102^\circ\text{C}$ por 18 horas. Se calculó el porcentaje de humedad por diferencial de peso.

Cenizas (HPC y MCC)

Se analizó el porcentaje de cenizas por medio del método AOAC-923.03. Se utilizaron las muestras del análisis previo (humedad), para proceder a incinerar las muestras utilizando la mufla Sybron Thermolyne FA1730, a una temperatura de 550°C por 7 horas hasta obtener un color gris en las cenizas y procediendo a pesado. Se calculó las cenizas por diferencial de peso.

Proteína cruda (HPC y MCC)

Se procedió con el análisis de proteína cruda mediante el método AOAC-2001.11. Se pesó 1 g de muestras de HPC y MCC en papel encerado y se transfirieron a cada tubo de digestión con 2 tabletas Kjeltabs por tubo,

adicionalmente se realizó un blanco y se procedió al proceso de digestión en el aparato Tecator™ D20 que fue previamente calentado a 420°C. El proceso de destilación se realizó en el aparato Kjeltex 8200, donde se usaron matraces Erlen Meyer que fueron colocados en el destilador, mientras los tubos de digestión eran procesados. Dichos matraces recolectaron los productos de la destilación, fueron trasladados para la valoración mediante titulación del volumen del ácido clorhídrico (0.1 N) usado en el proceso, tanto de los blancos "Vb", como de las repeticiones "Vm". Se obtuvo el porcentaje de Nitrógeno y de Proteína tomando en cuenta su peso molecular (14.01) y un factor de conversión (6.25).

Grasa cruda (HPC)

Se calculó el porcentaje de grasa cruda mediante el método AOAC-2003.06. Se procedió a pesar 2 g de Celite ® 545 en cada dedal de celulosa, para luego pesar 5 g de muestra de harina de pulpa de café y se procedió a homogeneizar, llevando a cabo el análisis por duplicado. Se introdujeron perlas de ebullición de vidrio en tazas metálicas para un previo secado en el horno de convección Fisher Scientific 750F (30 minutos a 100-102°C), luego de este tiempo estas tazas se dejaron enfriar en un desecador a temperatura ambiente y se procedió al pesado estableciendo el dato "Peso de la taza". Los dedales con la muestra y celite fueron enfriados en un desecador a temperatura ambiente. Se colocó una fina capa de algodón desgrasado para proceder a la extracción en el aparato Soxtec-8000-FOSS. En el equipo las tazas se transfirieron y se agregaron 85 y 80 mL de hexano a cada muestra. Posteriormente, se dio un secado en el horno de convección (30 minutos a 102°C). Se obtuvo el porcentaje de grasa cruda de las muestras al relacionar el peso del extracto etéreo y el peso de la muestra inicial.

Fibra cruda (HPC)

El análisis de fibra cruda realizado se dio siguiendo el método AOCS-Ba-6a-05, por la técnica de bolsas filtrantes. Así se usó el aparato Ankom A200 para realizar la digestión ácida y alcalina usando ácido sulfúrico e hidróxido de sodio al 1.25 N. Los filtros fueron rotulados con un marcador especial que resistió el solvente y el ácido, para luego ser pesadas. Se colocaron las muestras y un blanco en el suspensor de filtros y posteriormente dentro del equipo con peso para asegurar la sumersión. Se agregó ácido sulfúrico y se digirieron las muestras por 40 minutos a 90°C, después se procedió con 3 lavados con agua en el equipo y se procedió a la segunda digestión con hidróxido de sodio por el mismo tiempo, temperatura y cantidad de lavados posteriores. Una vez procesadas estas muestras y eliminando el exceso de agua, se cubrieron con acetona por 3-5 minutos para acortar el tiempo de secado en el horno (4 horas a 102±2°C), hasta que la acetona se evaporó completamente. Se usaron crisoles para este procedimiento que fueron debidamente rotulados y presecados. Se calculó el contenido de fibra relacionando el peso de materia orgánica y el peso de la muestra inicial.

Carbohidratos o extracto libre de nitrógeno (HPC)

El valor de carbohidratos se calculó mediante la depreciación de los valores obtenidos para los anteriores análisis realizados por medio de la ecuación 1 para calcular el extracto libre de nitrógeno (ELN).

$$[1] \quad \%ELN = "100 - (\%Proteína + \%Grasa + \%Cenizas + \%Humedad + \%Fibra cruda)"$$

Fibra dietética insoluble (MCC)

Se utilizó el método AOAC-985.29 de fibra dietética. Se lavaron crisoles de gooch y fueron secados en mufla (SYBRON Thermolyne, modelo FA1730), a 525°C por una hora. Luego de enfriarse, se remojaron en solución de limpieza durante una hora, se enjuagaron con agua y 15 mL de acetona. Posteriormente, se añadieron 0.5 g de celite

(Aldrich Chemical Company Inc. 521) a cada crisol y fueron secados a 130°C y dejados durante una hora en desecador. El peso del crisol más la celite fue anotado para el uso posterior en el paso de filtración. Para la digestión enzimática se pesaron 3 g de muestra dentro de un beaker Berzelius, se ajustó el pH incorporando 50 mL de solución tampón de fosfato con 6.0 pH, se añadieron 100 µL de α -amilasa (Sigma A3403-1MU) con mezcla constante y se cubrió el beaker con papel aluminio. Luego, se incubó en baño maría (Precision Scientific Group, modelo 66799) a una temperatura entre 95-100°C por 15 minutos, se enfrió a temperatura ambiente y se colocó 10 mL de hidróxido de sodio (Merck Emsure 1.06498.1000) a 0.275 M para ajustar el pH a 7.5±0.2 junto con ácido clorhídrico a 0.325 M. Posteriormente, se incorporó 100 µL de proteasa (Sigma P-4755) con disolución de 50 mg/mL, se dejó incubar a 60±1°C durante 30 minutos y se enfrió a temperatura ambiente. Seguidamente, se ajustó el pH de 4.0-4.6 utilizando 10 mL de ácido clorhídrico y pequeñas cantidades de hidróxido de sodio, se añadió 100 µL de amiloglucosidasa (A9913-10mL), se dejó incubar por 30 minutos a 60±1°C. Por último, se adicionaron 280 mL de etanol 95% para dejar precipitar el contenido durante una hora a temperatura ambiente. Para la filtración se utilizó un matraz Kitasato ajustado para acoplar correctamente los crisoles de gooch y tener las muestras al vacío. Inicialmente, se redistribuyó el celite en el crisol utilizando 15 mL de etanol 78%. El contenido del beaker Berzelius fue vertido al crisol por partes mediante lavados constantes con etanol 78%, hasta quedar totalmente libre de residuos. Luego, el crisol se lavó con tres porciones de 20 mL etanol 78%, dos porciones de 10 mL de etanol 95% y dos porciones de 10 mL de acetona. Por último, los crisoles fueron secados por una noche a 105°C en horno de convección (Fisher Scientific 750F), se dejaron enfriar en desecador durante una hora y se pesó el residuo del crisol seco. Los resultados fueron calculados

mediante la fórmula de fibra dietética, al restar el peso de proteína, cenizas y el blanco.

Obtención de extracto acuoso y cuantificación de polifenoles totales (MCC)

El extracto acuoso del mucílago se realizó mediante una extracción asistida por ultrasonido. Se pesó 1 g de muestra de MCC y se mezcló con 10 mL de solvente de etanol (Emsure Merck CAS-No: 64-17-5) y agua en relación 60:40 para obtener un factor de dilución de MCC con solvente (1:10). Posteriormente, las muestras fueron agitadas en vortex (Fisherbrand, modelo 9454FIDGUS) durante 1 minuto a 1000 RPM, se introdujeron en un sonificador (Branson, modelo B5510) por un periodo de 30 minutos a 40 Hz y 117 V. Por último, las muestras fueron centrifugadas a 2500 RPM por 10 minutos (Symphony 4417 R VWR International). Para la cuantificación de polifenoles totales se mezclaron 3 mL de agua con 50 µL de extracto y 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu's (Sigma-Aldrich F9252-100mL) a 1 N, dejando reposar por 3 minutos en tubos cubiertos de papel aluminio. Luego, se agregaron 750 µL de carbonato de sodio (20%) y se dejó reposar durante 8 minutos. Posteriormente se incorporaron 950 µL de agua, se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente y con tubos cubiertos de papel aluminio. Seguidamente, se procedió a leer el extracto incubado con el reactivo a 765 nm, mediante espectrofotómetro (UV/VIS PG Instruments Ltd., modelo T70+ UV/VIS Spectrometer). Los datos fueron contrastados contra una curva estándar de ácido gálico de 8 concentraciones. Los resultados fueron expresados en mg de Equivalente de Ácido Gálico por gramo de muestra (EAG/g) (Vega *et al.*, 2017).

Sólidos solubles totales, pH y viscosidad (MCC)

Las muestras de MCC se descongelaron a temperatura ambiente, fueron homogenizadas y se tomaron 5 ml de muestra. Se realizaron mediciones mediante el refractómetro (Atago

PAL- α) a una temperatura de 2°C. Los valores obtenidos se reportaron en °Brix.

Se realizaron mediciones de pH a las muestras totales previamente homogenizadas utilizando el potenciómetro (Thermo Scientific) calibrado previamente. Los resultados fueron expresados en valores de pH.

El análisis de viscosidad se realizó en el reómetro (Advanced Rheometer 2000, TA Instruments) con spindle número 62, a una velocidad de 100 RPM y temperatura de 25°C. Se colocó 250 mL de MCC en un beaker Pyrex de 500 mL. Se reportó los resultados en mPa·s.

Fase II Uso de HPC en sustitución de harina de trigo en brownies

El uso de HPC en la formulación de brownies se realizó en dos etapas. Primero se desarrollaron cuatro brownies con sustitución parcial de HPC, siendo el primero el brownie control con un 100% harina de trigo (HT) en su formulación y tres tratamientos que refieren la sustitución parcial de HPC al 30, 40 y 50% para los tratamientos 2, 3 y 4, respectivamente (cuadro 1). Además de HT y HPC, los brownies incluyeron cantidades similares de azúcar, cacao, levadura, sal, mantequilla, leche, vainilla y huevos.

Cuadro 1

Descripción de tratamientos primera etapa de uso de HPC en brownies

Ingredientes (%)	T1*	T2	T3	T4
	0% HPC	30% HPC	40% HPC	50% HPC
Harina de trigo	16.83	11.78	10.10	8.42
Harina de pulpa de café (HPC)	-	5.05	6.73	8.42
Azúcar	26.01	26.01	26.01	26.01
Cacao	9.02	9.02	9.02	9.02
Levadura	0.51	0.51	0.51	0.51
Sal	0.25	0.25	0.25	0.25
Mantequilla	14.31	14.31	14.31	14.31
Leche	4.03	4.03	4.03	4.03
Vainilla	1.26	1.26	1.26	1.26
Huevos	27.78	27.78	27.78	27.78
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota. * control

Posteriormente, se consideró el nivel de sustitución de HPC mejor evaluada en la primera etapa para la reformulación de brownies con reducción de al menos 75% azúcar y/o grasa siguiendo el Anexo E del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA, 2014) para considerar a los brownies bajos en energía y/o grasa. Teniendo como tratamiento 1

control la formulación genérica original del brownie con una sustitución del 50% HPC, y para los tratamientos 2, 3 y 4 reducciones en grasa, azúcar y una reducción en ambos, respectivamente (cuadro 2). Se redujo cantidad de azúcar y mantequilla primordialmente para lograr las reducciones calóricas buscadas, se debió incrementar la cantidad de leche y huevo

en formulaciones con reducción de grasa y los demás ingredientes tuvieron cambios menores para ajustar las formulaciones de los tratamientos.

Cuadro 2

Descripción de tratamientos segunda etapa de reducción de calorías en brownies.

Tratamiento	Tipo de reducción
T1 (Control)	Ninguna
T2	Grasa
T3	Azúcares
T4	Grasa y Azúcar

Análisis sensorial

Se realizaron análisis sensoriales en ambas etapas que contaron con el apoyo de 90 panelistas no entrenados en cada una. Los panelistas se sometieron a una prueba afectiva de aceptación. Se proporcionó a cada panelista una bandeja con 4 porciones de brownies codificados con 3 dígitos cada uno de manera aleatoria y pertenecientes a los tratamientos y controles de cada etapa. Se valoró la aceptación general y cinco atributos para las muestras (apariencia, color, olor, textura y sabor) mediante una escala hedónica de 7 puntos, donde el punto 1 significó me desagrada mucho y el 7 me agrada mucho.

Análisis fisicoquímicos

Análisis de textura

Se realizó un análisis físico de textura adaptado de otros estudios (Estrada-Lucana 2019 y Acosta-Granda 2013) mediante el texturómetro de Brookfield CT3 3 horas después del horneado con el objetivo de valorar los atributos mecánicos de dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad, los cuales se relacionan ampliamente con la evaluación sensorial (Stone *et al.*, 2012). El equipo mencionado se calibró de acuerdo con la instrucción LAA-004-003, para después

realizar el análisis siguiendo el método ASTM E83. Las dimensiones de las muestras fueron de 40 mm² x 10mm para el largo, ancho y profundidad de la muestra, para lo cual la corteza de los brownies fue removida. La sonda usada fue la cilíndrica de 38.1 mm de diámetro (TA4/1000) con condiciones de 1.8mm/s de velocidad, valor meta u objetivo de 3 mm usando una carga inicial de 0.067 N.

Análisis de color

Se evaluó el color con la aplicación Color Assist Lite con una cámara de smartphone (Samsung Galaxy M53) de 108 Mpx. En este análisis se controló la distancia, ángulo e iluminación de la cámara hacia la muestra. Se utilizó la escala L*a*b. Donde L representa la luminosidad relativa, mostrando la oscuridad y blanco en escala de 0 a 100, a* representando la intensidad relativa de colores rojo-verde y b* que corresponde a la intensidad relativa de colores amarillo-azul. Adicionalmente, se relacionó los valores de a* y b* para calcular ángulo de matiz y croma.

Fibra dietética y proteína cruda

Los análisis se realizaron en el control (brownie 100% HT) y en el brownie con reducción de azúcares y 50% HPC. Estos análisis se realizaron según los métodos AOAC-985.29 (Fibra) y AOAC-2001.11 (Proteína), como se explicó anteriormente (Fase I).

Fase III. Uso de MCC en sustitución de miel en galletas

Se desarrollaron tres galletas con sustitución parcial de MCC, siendo la primer galleta control con un 100% miel en su formulación y dos tratamientos que refieren la sustitución parcial de MCC al 50 y 75% para los tratamientos 2 y 3, respectivamente (cuadro 3). Además de MCC y miel, las galletas incluyeron cantidades similares de harina de trigo, aceite, sal, leche, canela, vainilla y huevos.

Cuadro 3

Descripción de tratamientos de inclusión de MCC en galletas.

Tratamiento	% Miel	% Mucílago concentrado de café
T1*	100	0
T2	50	50
T3	25	75

Nota. * Control

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial que contó con el apoyo de 105 panelistas no entrenados que se sometieron a una prueba afectiva de aceptación como se explicó en la fase II. Se valoró la aceptación general y cinco atributos para las muestras (apariciencia, color, olor, textura y sabor) mediante una escala hedónica de 5 puntos, donde el punto 1 significó me desagrada mucho y el 5 me agrada mucho.

Análisis de textura y color

Se evaluó el color y textura como se explicó en la fase II. Para el tema de textura se midió dureza (N), fracturabilidad (N), firmeza (N), adhesividad (mJ) y masticabilidad (mJ).

Análisis de poder calorífico

Se midió la capacidad calorífica de los tratamientos de galleta mediante un Calorímetro (Parr Instrument Company, modelo 6100) utilizando el método DIN 51900-2. Para la preparación del equipo, se pesaron en balanza (Ohaus, modelo Nmb-003) 2 kg de agua destilada y se introdujo 1 mL de agua destilada en la bomba de combustión. Posteriormente, se pesó 1 ± 0.005 g de muestra en la cápsula de combustible y se acomodó el hilo de ignición como alambre fusible, de manera que tocará la muestra en la parte central. Luego, se cerró la

bomba de combustión y se incorporó oxígeno por un minuto al tanque de almacenamiento. Por último, se introdujo la bomba dentro de la cubeta que previamente se colocó en el aparato, se programó el peso de la muestra y se inició la combustión. Los resultados fueron reportados en calorías por gramo de muestra (cal/g).

Resultados y Discusión

Fase I. Caracterización de materias primas

Es importante conocer la composición de materias primas y el aporte nutricional de sus componentes. El análisis proximal realizado a HPC evidenció la presencia de carbohidratos y fibra cruda (Cuadro 4). La fibra cruda se compone de celulosa, lignina y hemicelulosa, fibras importantes que no pueden ser digeridas por humanos (BeMiller y Huber, 2008). Se obtuvo un contenido de 25.86%, inferior al 36% reportado por (Fierro-Cabrales *et al.* 2018) pero superior al reportado otros autores (Janissen y Huynh 2018) entre 18-21%. Por su parte, el valor de carbohidratos abarca azúcares simples como mono y disacáridos como la glucosa y sacarosa hasta otros más complejos como el almidón, siendo el extracto libre de Nitrógeno la parte soluble de este gran grupo (Bernal de Ramírez 1993). Así, se estimó el contenido libre de nitrógeno con 48.55%, dentro del rango de 44-50% expuesto por Del Castillo *et al.* (2019). En cuanto a los componentes menores de HPC, se obtuvo un extracto etéreo ($2.60\% \pm 0.01$) que está dentro del rango reportado por Serna-Jiménez *et al.* (2018). La cantidad de proteína presente en HPC fue de $8.84\% \pm 0.06$, valor que fue inferior al 10.7% reportado por Noriega Salazar *et al.* (2009) y al rango de 10-12% descrito por Janissen y Huynh (2018). En cuanto a cenizas, se tuvo como resultado un $7.61\% \pm 0.02$, inferior al 8.9% reportado por Janissen y Huynh (2018).

Composición química (%) de harina de pulpa de café (HPC)

Composición	Media (%) \pm DE ¹	CV ² (X)
Humedad	6.23 \pm 0.10	1.61
Carbohidratos (ELN ³)	48.55 ⁴	ND ⁵
Grasa (EE ⁶)	2.60 \pm 0.01	0.49
Proteína cruda	8.84 \pm 0.06	0.69
Cenizas	7.61 \pm 0.02	0.25
Fibra cruda	25.9 \pm 0.06	0.22

Nota. ¹Desviación estándar, ²Coefficiente de variación, ³Extracto Libre de Nitrógeno, ⁴Valor calculado por diferencia, ⁵No determinado, ⁶Extracto etéreo.

El análisis del MCC evidenció la presencia abundante de agua. Esta humedad puede variar de acuerdo con la madurez de la cereza, desde pintón (60.5%) hasta su completa madurez (90%) (Gutiérrez-Cruz *et al.*, 2017). Valencia-Castillo y Velez-Duran (2020) reportaron porcentajes de humedad mayores y con alta variación, relacionado con el lugar de procedencia. Arias-Amaya (2020), obtuvo un resultado de 89% de humedad en el mucílago de café, mientras que, Mendivelso-Castillo (2018), reportó un contenido de humedad de 96.3%. El mucílago utilizado en este estudio tenía más de 95% de humedad previo a su concentración y resultó en 84.9% de humedad luego de dicho proceso (Cuadro 5). En segundo lugar, se encontraban los sólidos solubles que oscilaron entre 15-15.3°Brix luego del proceso de

concentración y estabilización del MCC. Por otro lado, se evidenció poca cantidad de proteína (1%) y fibra dietética (2%). Alrededor de 33% de carbohidratos del mucílago representan sustancias pécticas (Mendoza-Yalibat, 2016) con alta solubilidad en agua (Guerra-Gonzalez y Rueda-Silva, 2021). De acuerdo con García-Palma (2009), estas sustancias del mucílago son insolubles en alcohol y cuentan con 6.03% de grupos metoxilos, por lo que se consideran pectinas de bajo grado de esterificación y alta pureza por contener 95.36% de ácido galacturónico. El valor de pH (3.60) demostró que este ingrediente fue medianamente ácido al concentrar los sólidos presentes en el mucílago.

Composición química y propiedades del mucílago concentrado de café (MCC).

Composición/Propiedad	Media \pm DE ¹	CV ² (X)
Humedad (%)	84.9 \pm 1.14	1.34
Proteína cruda (%)	1.00 \pm 0.02	2.27
Cenizas (%)	0.50 \pm 0.01	1.77
Fibra dietética insoluble (%)	2.03 \pm 0.06	2.98
Sólidos solubles (%)	15.0 \pm 0.34	1.79
Polifenoles total (mg EAG ³ /100 g)	635 \pm 29.3	1.46
pH (SD ⁴)	3.60 \pm 0.04	1.30
Viscosidad (mPa·s ⁵)	925 \pm 20.6	5.26

Nota. ¹Desviación estándar, ²Coefficiente de variación, ³Equivalente de ácido gálico, ⁴Sin dimensiones, ⁵Milipascales por segundo.

Fase II. Uso de HPC en sustitución de harina de trigo (HT) en el desarrollo de brownies

Con la HPC caracterizada, se procedió a realizar sustituciones parciales (30-50%) de HT en una primera etapa para luego buscar reducciones de grasa y azúcar en brownies (segunda etapa).

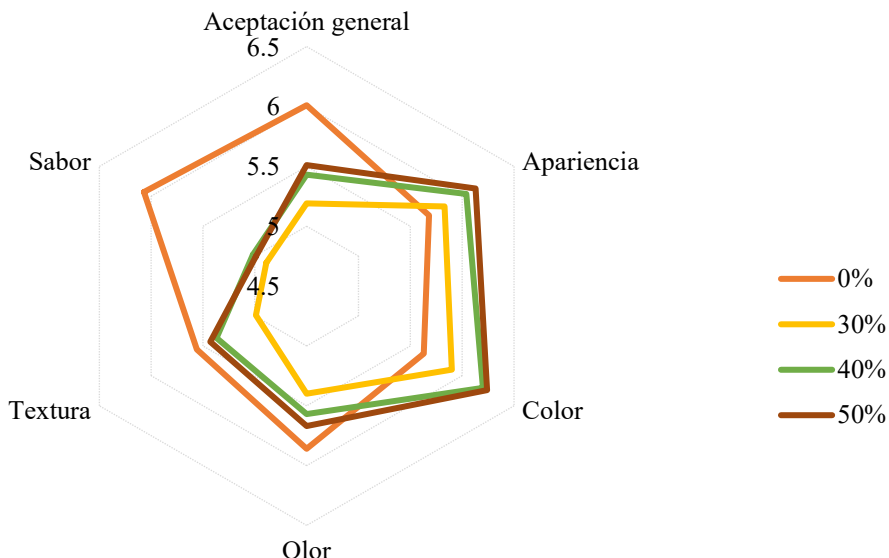
Análisis sensorial de aceptación de brownies (Primera etapa)

Se consideraron 6 atributos sensoriales con puntuación entre 4 y 6 (Figura 1), colocando los brownies entre “me es indiferente” y “me agrada moderadamente”. Liria (2007) mencionó que las pruebas afectivas o hedónicas se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. Este tipo de pruebas permiten no solo establecer diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de esta. Se observó que en apariencia y color hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$) siendo los tratamientos con 40% y 50% HPC mayormente aceptados, colocando la apariencia de brownies en “me gusta moderadamente” en contraste con puntajes más bajos para el control. Esto pudo deberse al color más oscuro que aportaba la HPC. Para textura y olor, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. En contraste,

el sabor fue mejor valorado en el control sin presentar diferencias entre los demás tratamientos. Rivas (2018) reportó que, al sustituir HPC en distintos productos de panificación, su tratamiento con 10% de HPC se caracterizó por tener sabor ácido y textura dura que coincide con este estudio en percepciones de sabor, pero no en textura. Los panelistas refirieron un sabor amargo distintivo de la HPC, sabores que pueden ser enmascarados por otros fuertes o congruentes tales como el sabor a cacao o chocolate (Ley, 2008). Los derivados del grano de cacao poseen catequinas, epicatequinas, procianidinas y polifenoles conocidos como precursores del sabor a chocolate (Afoakwa *et al.*, 2008). A pesar de ello, el sabor de la HPC influyó en menor aceptación de los brownies en este atributo. La aceptación general engloba todos los atributos evaluados y existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), siendo el control el tratamiento mejor evaluado. Es importante remarcar que, a pesar de una mejor evaluación general en el control, el uso de HPC mostró resultados prometedores en 4 de los 6 atributos evaluados (Figura 1). Por lo tanto, se decidió utilizar la mayor sustitución posible de HPC (50%) para la segunda etapa de este experimento.

Figura 1

Evaluación sensorial de brownies con sustituciones de harina de pulpa de café (30%, 40% y 50%) (Fase II – Primera Etapa).



Se realizó una correlación de Pearson para determinar el grado de asociación lineal existente entre atributos sensoriales (apariencia, color, olor, textura y sabor) y la aceptación general de los brownies evaluados (Cuadro 6). Existió una correlación ($P \leq 0.05$) entre todos los atributos evaluados respecto a la aceptación general. Existieron correlaciones bajas positivas para apariencia y color y correlaciones medias positivas para olor, textura y sabor. El atributo de mayor influencia fue el sabor para la

valoración de aceptación de brownies evaluados. Esto concuerda con lo expuesto por Psimouli y Oreopoulou (2012), que afirman que la aceptación general está muy influenciada por el atributo sabor. Además, esta correlación explica por qué la aceptación general del tratamiento control era mayor que los demás tratamientos dada la evaluación de sabor previamente explicada a pesar de que los tratamientos con HPC tuvieron resultados prometedores en 4 de 6 atributos.

Cuadro 6

Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General de brownies con los Atributos de Apariencia, Color, Olor, Textura y Sabor (Fase II – Primera Etapa)

	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor
CCP ¹	0.4236	0.4304	0.5252	0.6720	0.7866
<i>p</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. ¹Coefficiente de Pearson

Análisis de textura de brownies (Primera Etapa)

Se define textura como atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un

alimento percibidos por receptores mecánicos, táctiles y auditivos (ISO, 2020). Los atributos mecánicos son determinantes en la forma en la que el alimento se comportará dentro de la boca. Por lo tanto, se vuelve necesaria la vinculación de atributos mecánicos en la evaluación de alimentos. Se evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los atributos de dureza, firmeza y masticabilidad (Cuadro 7). Al incrementar HPC, la fuerza requerida para lograr deformación y resistencia a esta fue mayor lo que pudo relacionarse con el contenido de fibra en el producto. A mayor contenido de fibra mayor será la dureza, firmeza

y por ende masticabilidad (Ateş y Elmacı, 2019; Damat *et al.*, 2019). En paralelo, la cohesividad y elasticidad no presentaron diferencias significativas. AlMuhtaseb *et al.* (2012), plantearon que la cohesividad tiene relación con la humedad del producto, así a un menor tiempo de horneado, menor pérdida de humedad y mayor la cohesividad. Esto concuerda con el estudio realizado por (Grigelmo *et al.*, 2001) donde se adicionaron niveles de 2-10% de fibra dietética de durazno a muffins que al igual que el control, no obtuvieron diferencias significativas para los parámetros de cohesividad y elasticidad.

Cuadro 7

Análisis de textura (dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad) en brownies con sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de café (Fase II – Primera Etapa)

Sustitución HPC ¹ (%)	Dureza (N) ²	Cohesividad (SD) ³	Elasticidad (mm) ⁴	Firmeza (N)	Masticabilidad (mJ) ⁵
0%	18.34 ± 0.8 ^{d6}	0.80 ± 0.04 ^a	2.65 ± 0.11 ^a	14.61 ± 0.97 ^d	38.79 ± 4.07 ^c
30%	24.79 ± 0.4 ^c	0.75 ± 0.02 ^a	2.63 ± 0.01 ^a	18.41 ± 0.36 ^c	48.45 ± 0.73 ^b
40%	31.70 ± 0.5 ^b	0.72 ± 0.05 ^a	2.46 ± 0.13 ^a	22.91 ± 1.77 ^b	56.46 ± 5.63 ^b
50%	48.36 ± 0.7 ^a	0.76 ± 0.02 ^a	2.55 ± 0.09 ^a	36.44 ± 0.34 ^a	94.38 ± 4.09 ^a
C.V. ⁷ (%)	2.26	5.21	4.51	5.23	7.17

Nota. ¹Harina de Pulpa de Café, ²Newtons, ³Adimensional, ⁴Milímetros, ⁵Milijoules, ⁶Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$), ⁷Coefficiente de variación.

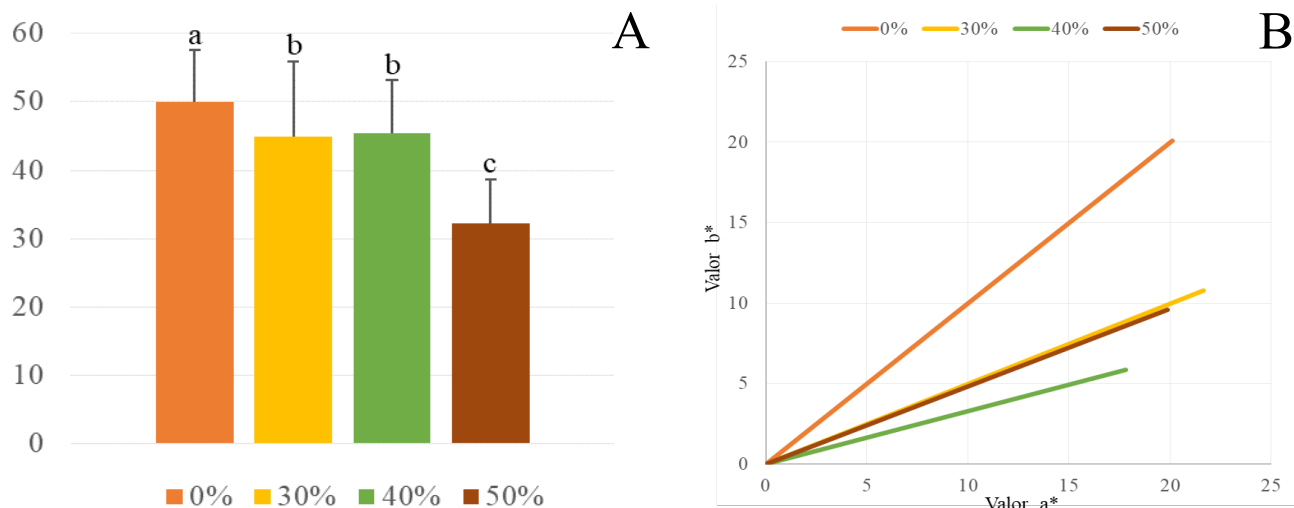
Análisis de color de brownies (Primera Etapa)

Se observó que la luminosidad disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de sustitución de HPC (Figura 2). Esto coincide con lo observado por Ponce-Rosas (2018), quien demostró que galletas se tornaron más oscuras con el incremento de HPC en la formulación. Al relacionar los valores de a^* y b^* se demostró que la inclusión de HPC redujo significativamente el ángulo de matiz de los

brownies de un naranja rojizo a un rojo más intenso que junto con la luminosidad reducida resultan en colores café más oscuros. Dicha disminución también se observó en la investigación de Murillo-Baca (2018), donde los valores L^* a^* b^* de las galletas fueron mayores para galletas de mayor porcentaje de HT, mientras que las de harina de cáscara de cacao fueron menores. Esto confirma que el uso de este tipo de co-productos es preferible en alimentos oscuros por la coloración que aportan.

Figura 2

Análisis de luminosidad (Valor L) (A-izquierda), ángulo de matiz (h) y croma (c) (B- derecha) de brownies con sustituciones de harina de pulpa de café (30%, 40% y 50%) (Fase II – Primera Etapa).



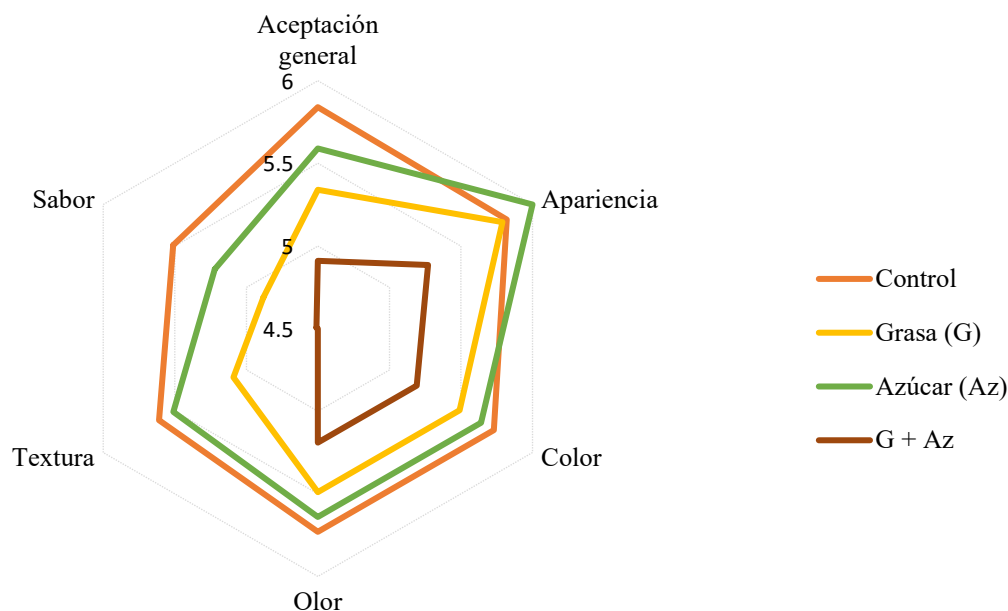
Para la segunda etapa se consideraron los resultados obtenidos de la prueba afectiva de aceptación teniendo como mejor tratamiento evaluado con algún tipo de sustitución al tratamiento con 50% HPC que en las fases siguientes se identificó como control. Esto debido a que en la segunda etapa se buscó evaluar características nutricionales del brownie, siendo de mayor importancia un nivel de mayor adición de HPC y reducción de calorías (grasa y azúcar).

Análisis sensorial de aceptación de brownies (Segunda etapa)

Para la segunda etapa, se mantuvo la misma metodología de análisis sensorial (aceptabilidad). Los atributos evaluados se encontraron en el rango de 4 a 6 puntos, colocándose en la escala hedónica como “me es indiferente” y “me agrada moderadamente” (Figura 3).

Figura 3

Evaluación sensorial de brownies con 50% de harina de pulpa de café (control) y reducciones de grasa (G), azúcar (Az) y ambas (Fase II – Segunda Etapa).



El brownie con reducción de azúcar solo presentó diferencias significativas con el control en aceptación general ($p \leq 0.05$). Por su parte, el brownie con reducción de grasa obtuvo evaluaciones inferiores en textura, sabor y aceptación general. Los panelistas castigaron a las muestras que tenían sustitución de grasa y azúcar dado que todos los atributos evaluados fueron significativamente más bajos obteniendo la menor aceptación. La adición de sucralosa en muestras donde el azúcar fue reducida pudo ayudar a tener una mejor evaluación al opacar sabores amargos como lo explican otros autores (Lisham-Gómez, 2009; Reyes y Ludeña, 2015). Sin embargo, cuando azúcar y grasa fueron sustituidos simultáneamente, las características del producto se vieron afectadas generando una

baja aceptación por parte de los panelistas. Conde-Molina (2014), explicó que la adición de grasa contribuye una miga o migaja más uniforme en productos terminados. Por consecuente, los brownies con reducción de grasa tuvieron una menor aceptación en cuanto a textura.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los atributos de la evaluación sensorial y aceptación general de los brownies (Cuadro 8). Todos los atributos evaluados se clasificaron como correlaciones positivas con la aceptación general. El comportamiento fue similar al de la primera etapa con textura y sabor como los atributos de mayor influencia en la aceptación de las muestras.

Cuadro 8

Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General de brownies con los Atributos de Apariencia, Color, Olor, Textura y Sabor (Fase II – Segunda Etapa).

	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor
CCP ¹	0.4992	0.4764	0.5356	0.6271	0.7903
<i>p</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. ¹Coefficiente de Pearson

Análisis de textura de brownies (Segunda Etapa)

Se evidenciaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos los atributos de textura evaluados (Cuadro 9). El brownie control (50% HPC) obtuvo la mayor dureza, firmeza y masticabilidad entre los tratamientos. A su vez, tuvo cohesividad y elasticidad intermedia. En contraste, la reducción de grasa resultó en brownies con los valores más bajos en todas las características de textura evaluadas. Cuando la reducción fue de ambos componentes (azúcar y grasa), los valores no fueron tan lejanos a los observados en el control. Las diferencias observadas en esta etapa (II) se deben a los cambios drásticos en formulación para lograr reducciones de calorías según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). La grasa y el azúcar representan una parte importante de la composición de un brownie,

considerando que el uso de diferentes materias primas tiene un efecto en las propiedades físicas, químicas, sensoriales, texturales y reológicas de los productos de panificación (Vega *et al.*, 2014). En el caso de la grasa, el efecto fue evidente dado que este componente posee funciones como la unión de ingredientes, anti-aglutinamiento, lubrica y rodea la superficie de la harina (Embuena Candela, Maria de los Desamparados, 2015). Además, una parte del aporte de grasa proviene de la yema de huevo, siendo este emulsificante y relacionándose con una textura suave (Villarorel *et al.*, 2000). Esto pudo influir en las dimensiones y propiedades de textura del producto final (Neri-Gómez, 2007). Por otra parte, la cantidad y tipo de azúcar afecta el gusto, dimensiones, brillo, color y dureza del producto obtenido (Embuena, 2015).

Cuadro 9

Análisis de textura (dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad) en brownies con 50% de harina de pulpa de café y reducciones de grasa (G), azúcar (Az) y ambas (Fase II – Segunda Etapa).

Reducción de ingredientes	Dureza (N) ²	Cohesividad (SD) ³	Elasticidad (mm) ⁴	Firmeza (N)	Masticabilidad (mJ) ⁵
Control ¹	49.77 ± 0.79 ^{a6}	0.80 ± 0.02 ^b	2.77 ± 0.04 ^b	40.17 ± 0.13 ^a	110.7 ± 2.95 ^a
Grasa (G)	26.26 ± 1.97 ^d	0.76 ± 0.02 ^c	1.78 ± 0.05 ^c	20.59 ± 0.81 ^d	35.67 ± 1.09 ^d
Azúcar (Az)	38.48 ± 0.45 ^b	0.85 ± 0.01 ^a	1.39 ± 0.02 ^c	32.61 ± 0.79 ^b	45.47 ± 1.71 ^c
G + Az	34.02 ± 0.62 ^c	0.80 ± 0.01 ^b	3.57 ± 0.05 ^a	27.93 ± 0.80 ^c	97.13 ± 1.34 ^b
C.V. ⁷ (%)	3.39	2.04	7.33	2.46	4.10

Nota. ¹Brownie con 50% de Harina de Pulpa de Café, ²Newtons, ³Adimensional, ⁴Milímetros, ⁵Milijoules, ⁶Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes (P≤0.05), ⁷Coefficiente de variación.

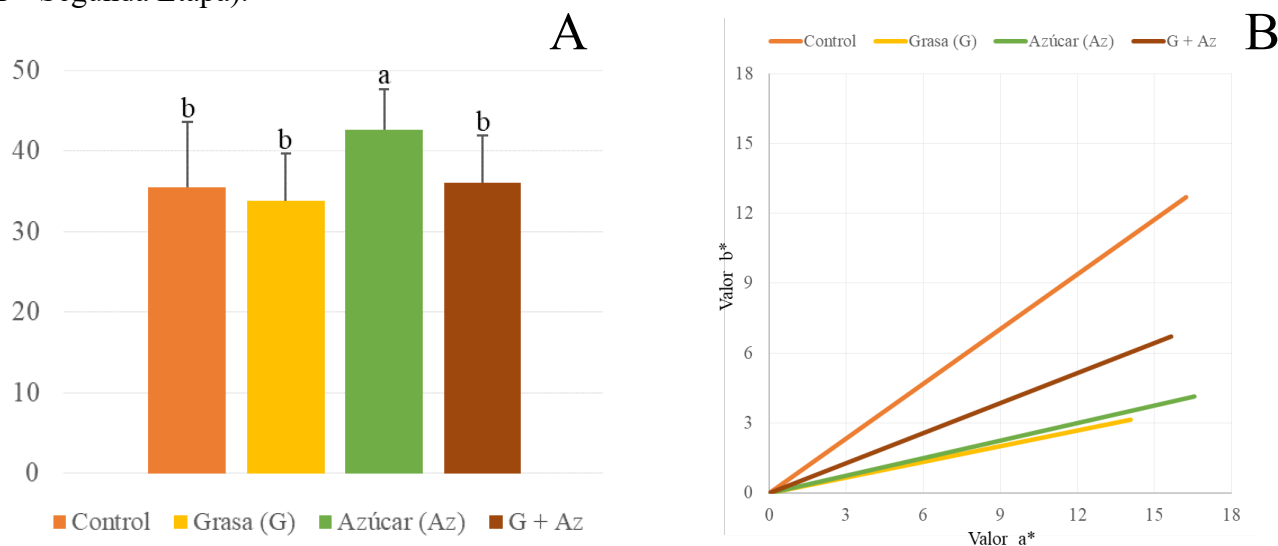
Análisis de color de brownies (Segunda Etapa)

El brownie con reducción de azúcar presentó la mayor luminosidad (Figura 4). Los productos horneados endulzados con edulcorantes no calóricos presentan colores más claros, ya que al tener menos azúcar o ausencia

de esta, no hay sustratos para reacciones de empardeamiento no enzimático (Quitral *et al.*, 2017). Al relacionar los valores a* y b*, se evidenció que la reducción de grasa y azúcar resultaron en una reducción del ángulo de matiz resultando en colores rojos más intensos, en especial cuando la reducción era independiente y no simultánea (G+Az).

Figura 4

Análisis de luminosidad (Valor L) (A-izquierda), ángulo de matiz (h) y croma (c) (B- derecha) de brownies con 50% de harina de pulpa de café y reducciones de grasa (G), azúcar (Az) y ambas (Fase II – Segunda Etapa).



Cuantificación de fibra dietética en brownie (Segunda Etapa)

En la última parte de esta segunda etapa se tomaron dos tratamientos para la evaluación nutricional y medición de fibra dietética. Se comparó un brownie convencional (100% HT) que era el control inicial del estudio (primera etapa) con el tratamiento de la segunda etapa que tenía alguna reducción y que presentó resultados prometedores ya sea a nivel sensorial o físico. Por lo tanto, se evaluó el tratamiento con reducción de azúcar (50% HPC-Az).

De acuerdo con el Anexo E del RTCA (2014) para etiquetado nutricional, para que un alimento sea considerado como alto, buena fuente, rico en, excelente fuente de fibra debe contener al menos 6 gramos por 100 gramos. En este caso, el brownie con reducción de azúcar y 50% de HPC incrementó la fibra dietética en 125% con 28.36 g de fibra con relación al control (Cuadro 10), considerando a este tratamiento (50% HPC-Az) como excelente fuente de fibra. Así mismo Damat *et al.* (2019), al utilizar HPC en su formulación más alta (20%), obtuvo un 19.48% de fibra dietética.

Para adultos se sugiere un aporte entre 20-35 g/día o bien aproximadamente de 10-14 g de fibra dietética por cada 1,000 kcal (Escudero-Alvárez y Gonzáles-Sánchez, 2006). Por su parte, la FAO establece un valor diario recomendado (VD) de 25 g, para lo cual, el brownie se clasificó según el Anexo F del RTCA (2014) para poder realizar el cálculo de porciones y aporte de fibra. El brownie se encuentra en la categoría de queques sin relleno ni lustre con un tamaño de porción de 55 g. Por lo tanto, el brownie con sustitución parcial de 50% HPC y reducción de azúcar tuvo un aporte de 15.60 g de fibra por porción, equivalente al 62% del VD. La fibra dietética total se define como compuestos constituyentes de la pared celular de la planta, resistentes a la digestión y absorción por las enzimas producidas por humanos, compuesta por fibra dietética insoluble y soluble (Chawla y Patil 2010). La presencia de fibra en alimentos es importante dado que se la relaciona con reducción de niveles de lípidos, presión arterial, control de glucosa en la sangre, mejora de la función inmunológica y un menor riesgo de padecer de enfermedades cardiovasculares (Surampudi *et al.*, 2016).

Cuadro 10

Análisis de proteína cruda y fibra dietética en brownies (II Fase – Segunda Etapa).

Tratamiento	Proteína cruda (%)	Fibra dietética (%)
Brownie control (100% trigo)	11.24 ± 0.37 ^{a1}	12.59 ± 1.26 ^b
Brownie (50% harina de café y reducción de azúcar)	12.12 ± 0.13 ^a	28.36 ± 2.19 ^a
C.V. ² (%)	3.00	3.24
$p > F^3$	0.09	0.01

Nota. ¹Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$),

²Coefficiente de variación, ³Probabilidad y valor F.

Cuantificación de proteína cruda en brownie (Segunda Etapa)

Las proteínas son importantes a nivel nutricional al estar relacionadas con un envejecimiento saludable, regular el apetito, ayudar a controlar el peso, promover un mejor rendimiento deportivo, y prevenir sarcopenia y pérdida de masa muscular (Phillips *et al.*, 2022). Por ello se utilizaron las mismas muestras evaluadas para fibra dietética (Cuadro 10). No se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$) con valores entre 11.2-12.1%. El porcentaje de proteína en harina de trigo para galletas es bajo en comparación a otras harinas 8-10% (INCAP, 2018), mientras que la harina de pulpa de café tuvo un 8.84% (Cuadro 4). Esto puede explicar la similitud en porcentaje de proteína en los tratamientos evaluados. Cabe recalcar que, ambos brownies evaluados aportan entre 6.18 y 6.67 g de proteína, que representan un 12 y 13% del VD ubicándolos como fuente de proteína según el Anexo E para condiciones relativas al contenido de nutrientes del RTCA (2014).

Fase III. Uso de MCC en sustitución de miel en el desarrollo de galletas

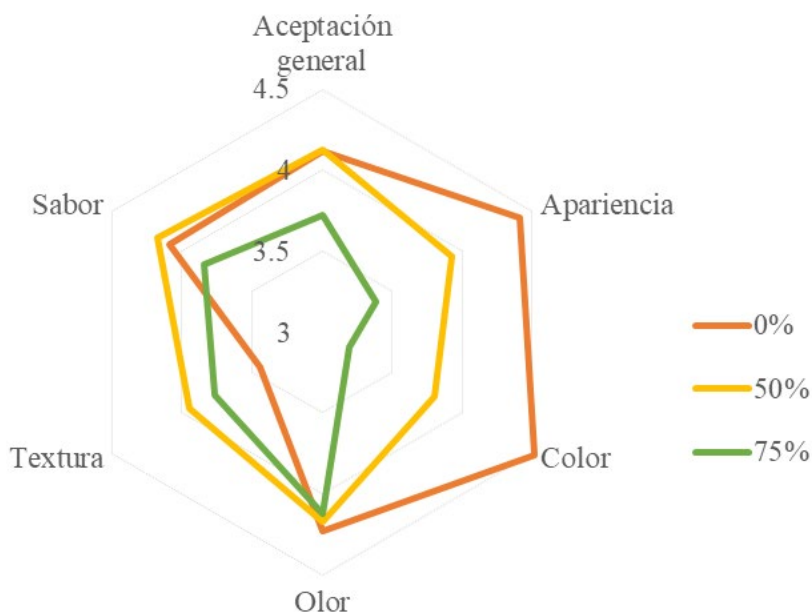
Con el MCC caracterizado, se procedió a realizar sustituciones parciales (50-75%) en lugar de miel (edulcorante) para el desarrollo de galletas.

Análisis sensorial de aceptación de galletas

Se consideraron 6 atributos sensoriales con puntuación entre 3.2 y 4.5 (Figura 5), colocando las galletas entre “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”. Se evidenció que la inclusión de MCC en las formulaciones no resultó en cambios de percepción de panelistas en cuanto a olor y sabor de las galletas. La sustitución menor de MCC (50%) resultó en valores similares al control en 3 de los 6 atributos (olor, sabor y aceptación general) y mejores resultados en textura. Solo fueron inferiores las evaluaciones de los panelistas en apariencia y color. De acuerdo con Rodríguez-Vallejo (2019), el contenido de mucílago que se incorpora a la formulación afecta la superficie, tonalidad y altura de las galletas al momento de ser horneadas. Esto pudo generar cambios en la apariencia esperada por los panelistas. Adicionalmente, el mucílago presenta alta cantidad de pectinas que tienen la capacidad de generar una matriz gelatinosa en el alimento (Guerra-Gonzalez y Rueda-Silva, 2021). Esto pudo generar un cambio en la superficie y la estructura interna de la galleta, modificando su apariencia de manera positiva para los panelistas. Al incrementar la sustitución de MCC (75%), la aceptación de los panelistas se redujo en apariencia, color y aceptación general respecto del control.

Figura 5

Evaluación sensorial de galletas con sustituciones de mucílago concentrado de café (50% y 75%)



Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los atributos de la evaluación sensorial y aceptación general de los brownies (Cuadro 11). Todos los atributos evaluados se clasificaron como correlaciones positivas con la

aceptación general. El comportamiento fue similar al de brownies (fase II) con textura y sabor como los atributos de mayor influencia en la aceptación de las galletas.

Cuadro 11

Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General de galletas con los Atributos de Apariencia, Color, Olor, Textura y Sabor.

	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor
CCP ¹	0.4402	0.5020	0.4906	0.5368	0.6737
<i>p</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. ¹Coefficiente de Pearson

Análisis de textura de galletas

Las propiedades texturales son el conjunto de características físicas que surgen del alimento y están relacionadas con su deformación, desintegración y flujo del alimento bajo una fuerza. Estas características se miden mediante las funciones de masa, tiempo y distancia (Srilakshmi, 2020). Según Soler-Martínez *et al.* (2017), los atributos más importantes a considerar para un perfil de

textura en galletas son dureza y fracturabilidad. Existieron diferencias significativas en los tratamientos con sustitución de mucílago en comparación al control ($P \leq 0.05$). La dureza y fracturabilidad fueron superiores en el control (Cuadro 12). Este atributo puede variar dependiendo del grosor de las galletas y el contenido de humedad, siendo menos duras las que presentan mayor humedad, lo cual generó ablandamiento y suavidad (Torres González *et*

al. 2015). De acuerdo con Kılınç y Kürşat-Demir (2017), la miel da lugar a una masa más compacta, por lo tanto, genera galletas con características más duras. Según Guerrero-Ramírez (2018), la textura de los alimentos puede verse afectada por la composición de los carbohidratos estructurales como las pectinas, obteniendo galletas más suaves al contener 20%

de mucílago de linaza. Además, la reducción de fracturabilidad pudo ser resultado del aumento de la cohesividad de los ingredientes, debido a las estructuras de los carbohidratos presentes en la formulación (Vivas y Sangronis, 2021). Por su parte, no se observaron cambios importantes ni diferencias significativas en firmeza y adhesividad evaluados en los tratamientos.

Cuadro 12

Análisis de textura (dureza, fracturabilidad, firmeza y adhesividad) en galletas con sustitución de miel por mucílago concentrado de café como edulcorante.

Sustitución MCC ¹ (%)	Dureza (N) ²	Fracturabilidad (N)	Firmeza (N)	Adhesividad (mJ) ³
0%	46.78 ± 1.10 ^{a4}	46.78 ± 1.10 ^a	0.07 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.00 ^a
50%	27.53 ± 1.80 ^c	41.00 ± 1.41 ^b	0.05 ± 0.00 ^c	0.10 ± 0.00 ^a
75%	33.53 ± 2.60 ^b	39.04 ± 3.61 ^b	0.12 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.00 ^a
C.V. ⁵ (%)	5.37	5.61	11.2	6.38

Nota. ¹Mucílago concentrado café, ²Newtons, ³Milijoules, ⁴Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$), ⁵Coefficiente de variación.

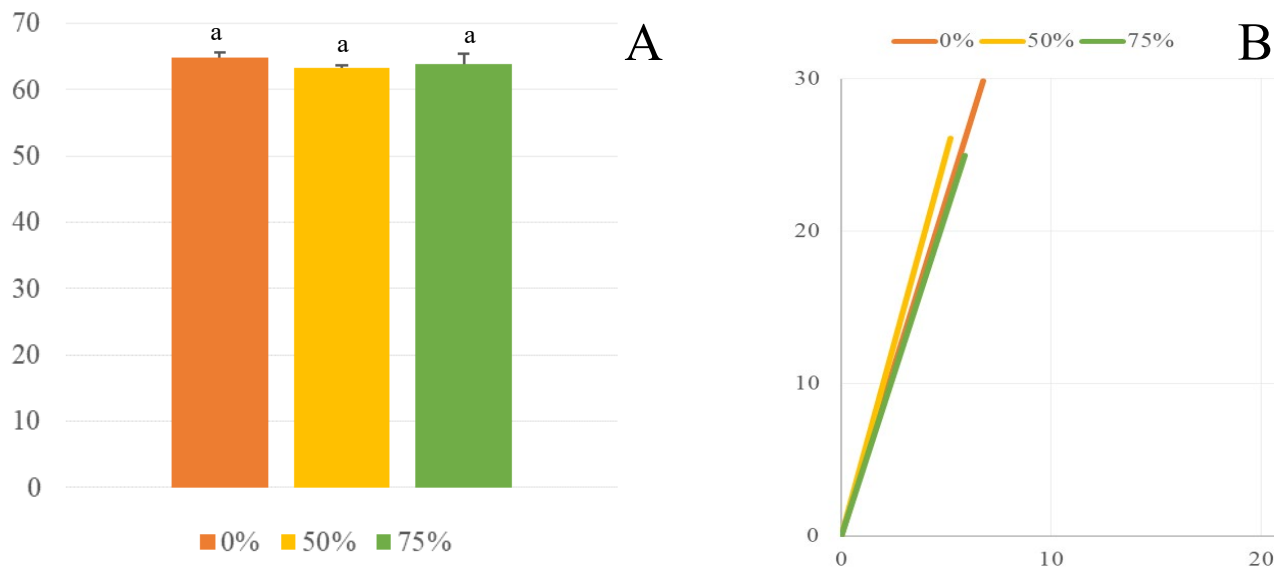
Análisis de color de galletas

Los valores L*C*h utilizan los mismos valores de la escala L*a*b, pero en coordenadas polares, donde, L* indica luminosidad, C* indica el croma y h* indica el ángulo de matiz (hue), es decir el color o saturación (Riasco Palacios 2018). No se evidenciaron cambios en luminosidad de las galletas independientemente del edulcorante utilizado (miel o MCC). En contraste, se encontraron diferencias en matiz y croma (Figura 6). Las galletas oscilaron entre 73.7-77.3° que indicó un color dentro del rango de amarillos. Existió una diferencia estadística para el valor de matiz solo en galletas con 75% de sustitución de MCC mostrando el valor más

alto de matiz (77.3°) con una tendencia a tonos más amarillos verdosos. Por su lado, los valores de croma se fueron reduciendo a medida que incrementaba el MCC en la formulación, indicando una reducción en la pureza por el uso de este ingrediente. Estos datos concuerdan con Rodríguez-Vallejo (2019) quien evidenció que la adición de mucílago en galletas presentó diferencias significativas en el color. Sin embargo, cuando las temperaturas en la parte externa de las galletas superan los 150°C, se producen reacciones de Maillard y caramelización de los azúcares. Dichos procesos son los principales responsables del cambio de color de las galletas (Román *et al.*, 2017).

Figura 6

Análisis de luminosidad (Valor L) (A-izquierda), ángulo de matiz (h) y croma (c) (B- derecha) de galletas con sustituciones de mucílago concentrado de café (50% y 75%).



Análisis de poder calorífico de galletas

Se observó una reducción significativa del poder calorífico de las galletas a medida incrementaba la inclusión de MCC en la formulación (Cuadro 13). Esta reducción de calorías fue resultado de la diferencia entre la composición del mucílago y la miel, principalmente del porcentaje de humedad. De acuerdo con Arias-Saltos (2018), se reportó miel con 18.63% de humedad proveniente del departamento de El Paraíso, Honduras. Se ha reportado que el mucílago de café tiene un aporte calórico de 420 cal/g al contar con una humedad de 89% (Arias Amaya 2020). Por su parte, Ramírez-Vélez y Jaramillo-López (2013), reportaron un contenido calórico de 500 cal/g en mucílago de café. En lo que respecta la miel, Gutiérrez-Luna (2012), realizó un estudio del aporte nutricional de la miel de Zamorano, reportando 3,250 cal/g de miel. En otro estudio, se reportó un aporte calórico de 3,143 cal/g de miel (Maganha e Melo y Peraçoli, 2007). Al sustituir 75% de la miel en la formulación de

galletas por mucílago de café, se logró reducir un 3.60% de las calorías de las galletas. Mientras que, al sustituir el 50% de la miel por mucílago de café se logró reducir el 1.78% de las calorías de las galletas, con una aceptación y preferencia similar a las galletas de tratamiento control (100% miel). Esto fue un resultado prometedor para la utilización del mucílago de café como sustituto de edulcorantes en la industria de panificación.

Cuadro 13

Análisis de calorimetría en galletas con sustitución de miel por mucílago concentrado de café como edulcorante

Sustitución (%)	Poder Calorífico (cal/g)
Mucílago Concentrado de Café	
0%	4559 ± 51.3 ^{a 1}
50%	4478 ± 33.1 ^b
75%	4395 ± 28.7 ^c
C.V. ² (%)	0.63

Nota. ¹Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$),

²Coefficiente de variación

Conclusiones

Inicialmente se evaluó humedad (6.23%), carbohidratos (48.55%), proteína (8.84%), grasa (2.60%), cenizas (7.61%) y fibra cruda (25.86%) de la HPC con un aporte nutricional de 391.95 Kcal/100 g. Por su parte, se evaluó humedad (84.9%), proteína (1%), cenizas (0.50%), fibra dietética insoluble (2.03%), sólidos solubles (15%) y polifenoles totales (6.35 mg EAG/g) del MCC con un pH ácido (3.60) y una viscosidad de 925 mPa·s. En una segunda fase, los resultados sugieren el uso de HPC como un sustituto parcial de harina en productos de panificación. A mayor contenido de HPC hubo mejor aceptación, consistencia más rígida y color más oscuro en brownies. Los brownies con reducción de grasa y azúcar tuvieron buena aceptación a pesar de la disminución del aporte calórico y diferencias en parámetros físicos. El brownie con 50% de HPC y reducción de azúcar obtuvo un alto contenido de fibra, haciendo de este coproducto un potencial ingrediente para incrementar el aporte de fibra de productos de panificación. Por su parte, el uso de MCC demostró la posibilidad de reducir el uso de edulcorantes en la elaboración de galletas sin afectar drásticamente color y aceptación por parte de los clientes. El

tratamiento de 50% de sustitución con MCC en galletas, mejoró la textura y obtuvo resultados similares en aceptación en contraste con la galleta con miel (control). Los resultados observados por el uso de HPC en brownies y MCC en galletas demostró el potencial que tienen estos coproductos en la industria de panificación.

Recomendaciones

Se deben continuar evaluando alternativas de revalorización de estos materiales y reinsertarlos en alimentación humana, tanto en productos de panificación como otros rubros, incluso valorando opciones de reemplazo y no solo sustitución de ingredientes. A la vez, se recomienda valorar otros ingredientes adicionales que pueden ayudar a contrarrestar los efectos sensoriales negativos del uso de co-productos de café con HPC y MCC. Es importante evaluar procesos de obtención, concentración y estabilización de estos coproductos tanto a nivel técnico como a nivel económico, previo a su aplicación en alimentos. Por último, se debe diversificar la investigación a otros coproductos de la cadena de valor del café para valorar su uso en la industria alimenticia, tanto humana como

animal o buscar alternativas en desarrollo de empaques biodegradables

Contribuciones de los Autores

J. Cardona - Conceptualización de la investigación; planificación y supervisión de la investigación; procesamiento y análisis de datos; revisión de borrador original y redacción y edición de artículo final. **S. Espinoza** - Conceptualización de la investigación; planificación y supervisión de la investigación; revisión de borrador original y artículo final. **V. Lopez, S. Insuasti, J. Choto & I. Cab** - Conceptualización de la investigación; recolección, procesamiento y análisis de datos; redacción, revisión y edición de borrador original.

Referencias Bibliográficas

- Acosta Granda, V.A. (2013). *Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo (*Triticum vulgare*), con adición de gluten vital* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6578/1/AL%20517.pdf>.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M., Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews Food Science Nutrition*. 48(9):840–857.
<https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Arias Amaya, N. (2020). *Determinación de las características fisicoquímicas y microbianas del mucílago de café para la bioproducción de alcohol y la simulación de su obtención con el software Aspen Hysis y Aspen Plus* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia].
https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12122/2020_Tesis_Nicolas_Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias Saltos, C.P. (2018). *Efecto de la congelación en las características fisicoquímicas y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*)* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras].
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6214/1/AGI-2018-T002.pdf>.
- Ateş, G., Elmacı, Y. (2019). Physical, chemical and sensory characteristics of fiber-enriched cakes prepared with coffee silverskin as wheat flour substitution. *Food Measure*. 13(1):755–763.
<https://doi.org/10.1007/s11694-018-9988-9>
- Bemiller, J.N., Huber, K.C. (2008). Carbohydrates (Ch 3) in Damodaran, S., Parkin, K., Fennema, O.R., *Fennema's Food Chemistry* 4th Ed (pp 92 -169). CRC Press. ISBN: 0-8493-9272-1.
- Bernal de Ramírez, I. (1993). *Análisis de alimentos* (1ª ed). Santafé, Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. ISBN: 958-9205-00-03.
- Chawla, R., Patil, G. (2010). Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9(2):178–196.
- Conde Molina, D. (2014). *Estudio de la fermentación en panes funcionales, reducidos en grasas, carbohidratos y sal* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta, Argentina].
<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4606/Tesis%20Maestr%20ada-%20Conde%20Molina%20D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Damat, D., Anggriani, R., Setyobudi, R., Soni, P. (2019). Dietary fiber and antioxidant activity of gluten free cookies with coffee cherry flour addition. *Coffee Science*. 14(4):493–500.
- Del Castillo, M.D., Fernández-Gómez, B., Martínez Sáez, N., Iriondo-DeHond, A., Mesa, M.D. (2019). *Coffee by products:*

- Production, quality and chemistry*. Piccadilly London: Royal Society of Chemistry. xxxvii, 836 pages. ISBN: 978-1-78262-004-4. eng. <https://digital.csic.es/handle/10261/206225>
- Embuena Candela, M.D. (2015). *Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València, España]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54180/TFG%20Desamparados%20Embuena_14362703806137344823069462138445.pdf?sequence=2
- Escudero Álvarez, E., Gonzáles Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*; 2(21):61–72. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- Estrada Lucana, D.P. (2019). *Perfil sensorial y de textura de brownies a base de harina de dos variedades de quinua* (Salcedo INIA y INIA 431 - Altiplano) [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, Perú]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1721/Danna_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fernández Cortés, Y., Sotto Rodríguez, K.D., Vargas Marín, L.A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción+Limpia*. 15(1):93–110. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a7>.
- Fierro Cabrales, N., Contreras Oliva, A., Gonzáles Ríos, O., Rosas Mendoza, E., Mosales Ramos, V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.). *AGRO productividad*. 11(4):9–13.
- Gaitán Yaeggy, D.L. 1998. *Estudio de factibilidad para un sistema de producción de café con beneficio húmedo ecológico en Honduras* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/333/estudio_de_factibilidad_para_un_sistema_de_produccion_de_cafe_con_beneficio_humedo_ecologico_en_honduras.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García Palma, J.I. (2009). *Evaluación del rendimiento de extracción de pectina en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador, El Salvador.]. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n_del_rendimiento_de_extracci%C3%B3n_de_pectina_en_aguas_mieles_del_beneficiado_de_caf%C3%A9_procedentes_de_desmucilaginado_mec%C3%A1nico.pdf
- Grigelmo, N., Carreras, E., Martín, O. (2001). Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat Muffins. *Food science and technology international*. 7(5):425–431.
- [ICO] International Coffee Organization. (2021). Trade statistics tables: Coffee production by exporting countries. https://www.ico.org/trade_statistics.asp
- Guerra Gonzalez, M.C., Rueda Silva, D.C. (2021). *Producción de una biopelícula a partir de las pectinas extraídas del mucilago de café* [Tesis de grado, Fundación Universidad de América, Colombia]. <http://repositorio.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8646/1/6152708-2021-2-IQ.pdf>
- Guerrero Ramírez, T.M. (2018). *Efecto del mucilago y harina de *Linum usitatissimum* "linaza" en las propiedades sensoriales de galletas y su impacto en el tiempo de vida útil* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú].

- Mendivelso Castillo, A.L. (2018). *Estudio de la producción de biogás mediante la co-digestión anaerobia usando como sustrato el mucílago de café y como inóculos el estiércol porcino y estiércol bovino* [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás, Colombia]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13008/2018adrianamendivelso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza Yalibat, H.A. (2016). *Extracción de pectinas a partir de mucílago contenido en las aguas mieles del beneficiado de café por maceración dinámica y estática* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos, Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3327/1/H%C3%A9ctor%20Armando%20Mendoza%20Yalibat.pdf>
- Murillo Baca, S.M. (2018). *Características físico-químicas, sensoriales y compuestos bioactivos de galletas dulces elaboradas con harina de cáscara del fruto de cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villareal, Perú]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2345>
- Neri Gámez, E.P. (2007). *Estudio del efecto reológico en la elaboración de pastel de chocolate bajo en grasa y carbohidratos utilizando maltodextrina y celulosa como sustitutos* [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México]. <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11193/Estudio%20del%20efecto%20reol%C3%B3gico%20en%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20pastel%20de%20chocolate%20bajo%20en%20grasa%20y%20carbohidratos%20utilizando%20maltodextrina%20y%20celulosa%20como%20sustitutos.pdf?sequence=1>
- Noriega Salazar, A., Silva Acuña, R., & García de Salcedo, M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 135-141.
- Phillips, S. M., Chevalier, S., & Leidy, H. J. (2016). Protein “requirements” beyond the RDA: implications for optimizing health. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(5), 565–572. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550>
- Ponce Rosas, F.C. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (Coffea arabica) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1407>
- Psimouli, V., & Oreopoulou, V. (2011). The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 99–105. Portico. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4547>
- Quitral, V., González, Ma. A., Carrera, C., Gallo, G., Moyano, P., Salinas, J., & Jiménez, P. (2017). Efecto de edulcorantes no calóricos en la aceptabilidad sensorial de un producto horneado. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(2), 137–143. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000200004>
- Ramírez Prada, D. M. (2010). Café, cafeína vs. Salud Revisión de los efectos del consumo de café en la salud. *Universidad y Salud*, 12(1), 156-167.
- Reyes, J., & Ludeña, F. (2015). Evaluación de las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de un yogur elaborado con sucralosa y estevia. *Revista Politécnica*, 36(2), 16-16.
- Riasco Palacios, A.P. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas y nutricionales de*

- una galleta con inclusión de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*) [Tesis de grado, Universidad del Cauca, Colombia].
<http://repositorio.unicauca.edu.co/handle/123456789/1730>
- Rivas Vela, C.I. (2018). *Modificación de la pulpa de café mediante extrusión y su aprovechamiento en productos de panificación* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétano, México]. <http://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/1100/1/FQ-0018Carlos%20Isac%20Rivas%20Vela.pdf>
- Rodríguez Valencia, N., Zambrano Franco, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Avances técnicos Cenicafé. (393):2–8. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0393.pdf>
- Rodríguez Vallejo, H.G. (2019). *Mucilago de semillas de chía como sustituto de grasas convencionales en galletas* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de València, España]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/124822>
- Rojo Jiménez, E., & Pérez-Urria Carril, E. (2014). Café I (G. Coffea). <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Román, L., González, A., Espina, T., & Gómez, M. (2017). Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 2094–2103. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2649-x>
- [RTCA] Reglamento Técnico Centroamericano. 2014. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. 43 p. (vol. 67.040) (67.01.60:10). Rugama Espinoza, M. I., & Save Monserrat, R. (2016). Efecto vertido aguas mieles en calidad físico-química del agua microcuenca Rio Cuspire Yalí, Nicaragua. *Revista Científica Estelí*, (7), 43–53. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i7.2631>
- [SENASA] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. 2010. Pasteurización. [sin editorial]. <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/noticias/pasteurizacion>
- Serna-Jiménez, J. A., Torres-Valenzuela, L. S., Martínez-Cortínez, K., & Hernández-Sandoval, M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista Ion*, 31(1), 37-42.
- Martínez, N. S., Ruíz, O. C., Castillejos, G. R., Perales-Torres, A., & Pérez, A. L. G. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3), 227-234.
- Srilakshmi, A. (2020). Texture profile analysis of food and TPA measurements: a review article. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(1), 708-711. <https://www.irjet.net/archives/V7/i11/IRJET-V7I11115.pdf>
- Stone, H., Bleibaum, R.N., Thomas, H.A. (2012). *Sensory evaluation practices*. 5^a ed. Amsterdam: Academic Press (Food science and technology, international series). ISBN: 9780128153352.
- Surampudi, P., Enkhmaa, B., Anuurad, E., & Berglund, L. (2016). Lipid Lowering with Soluble Dietary Fiber. *Current Atherosclerosis Reports*, 18(12). <https://doi.org/10.1007/s11883-016-0624-z>
- González, J. D. T., Gallob, R. T., Correac, D. A., & Gallo-García, L. A. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *vector Manizales (Colombia) Vol. 10 122 p. enero-diciembre 2015 ISSN 1909-7891*, 14.

- http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector10_3.pdf
- Valencia Castillo, N., Velez Duran, Y.M. (2020). *Aprovechamiento del mucilago de café para mejorar la producción de etanol en una planta piloto para mitigar impactos negativos en corrientes hídricas* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Occidente, Colombia]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12598/T09416.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- Vanegas, F. (2016). Manejo de Subproductos del café en el beneficio húmedo. Coffee Media. <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/-07/30/manejo-de-subproductos-del-cafe-en-el-beneficio-humedo/>
- Vásquez, G.E. (2016). *Efectos del proceso beneficio húmedo de café sobre la sostenibilidad hídrica de la cuenca La Suiza, Chiapas* [Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Norte, México]. <https://posgrado.colef.mx/wp-content/uploads/2018/01/TESIS-V%C3%A1lquez-Gonz%C3%A1lez-Guier-Euselmar.pdf>
- Vega, A., De León, J. A., & Reyes, S. M. (2017). Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. *Información tecnológica*, 28(4), 29-38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>
- Vega Castro, Ó. A., De Marco, R., & Di Risio, C. (2015). Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco, con la adición de las enzimas lacasa, xilanasa y lipasa. *Revista EIA*, (24), 87-100. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n24/n24a06.pdf>
- Villarroel, M., Uquiche, E., Brito, G., & Cancino, M. (2000). Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 62-68. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00040622200000010008
- Odry, V., & Elba, S. (2021). Textura y análisis descriptivo cuantitativo de galletas elaboradas con harinas de granos fermentados de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan*. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 63(2), 8-18. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/47727>.