



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Desarrollo de Premezclas a base de harina de plátano (*Musa AAB Simmonds*) y licor de cacao (*Theobroma Cacao L.*) para elaboración de bebidas y productos horneados

Diana Carolina Jiménez Casas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá, Colombia

2024

Desarrollo de Premezclas a base de harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) para elaboración de bebidas y productos horneados

Diana Carolina Jiménez Casas

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director (a):

María Soledad Hernández Gómez, PhD

Codirector (a):

Mary del Carmen Lares Amaiz, PhD

Línea de Investigación:

Diseño y desarrollo de productos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá, Colombia

2024

Cuando vi esta página, se me aguaron los ojos... porque son muchas personas a las que quiero dedicar estos logros como a mi hijo, pareja, familia, pero las lágrimas fueron para mí, para agradecer todas esas pruebas que pasé para realizar este proyecto y todo el esfuerzo vivido.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Diana Carolina Jiménez Casas

Fecha 30/07/2023

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estudiar, trabajar y realizar este proyecto, por darme la fortaleza, herramientas y personas para hacer posible esta meta.

A mi hijo por soportar mis ausencias en pro de realizar este trabajo que nos beneficia y da ejemplo para que realices tus propósitos.

A mi directora la profesora María Soledad Hernández; por darme el apoyo, por su paciencia, por compartir su conocimiento, y experiencia.

A mi codirectora la profesora Mary Lares, que me acogió con cariño y exigencia, muchas gracias por la paciencia, los consejos y conocimientos y valiosos aportes para el desarrollo del trabajo.

A mi compañera Mauren Estupiñán, por apoyarme con sus conocimientos y experiencia, consejos, por darme ánimos.

A la Universidad Nacional de Colombia UNAL, a todo el personal docente y administrativo del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA por su apoyo para hacer por el proyecto. Al profesor Luis Felipe Gutiérrez por sus por facilitar el equipo AVS, al profesor Diego por facilitarme las cámaras de vida útil y sus conocimientos. Al profe de por el medidor de actividad de agua y a todos los que me brindaron apoyo.

Al centro de investigación y extensión Rural CIER de la UNAL por la financiación para apoyo de actividades del proyecto a través de los recursos provenientes de la convocatoria para la financiación parcial de proyectos de tesis de doctorado y maestría de la facultad de ciencias agrarias, sede Bogotá de 2023.

A mi pareja, por apoyarme en la compra de insumos, por el hospedaje, por escucharme, por prestarme el computador, por escucharme y por la motivación.

A mi hermano, por el apoyo con la lengua inglesa para y por apoyarme desde la distancia.

A mi mamá, por ser la degustadora de los productos horneados en su cumpleaños y por todo lo que me

A mi papá, por el apoyo con las materias primas, con los consejos de paciencia cada vez que me vio desanimada, porque este proyecto nos acercó un poco más.

Al centro de desarrollo agroindustrial y empresarial de Villeta de Servicio Nacional por facilitar las instalaciones, equipos y materiales para llevar a cabo parte experimental del proyecto.

Resumen general

Desarrollo de Premezclas a base de harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) para elaboración de bebidas y productos horneados

El plátano Hartón (Musa AAB Simmonds) es utilizado como parte del sistema agroforestal con el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), comúnmente en la región andina de Colombia; sumado a esto; representan una fuente nutricional alta por su contenido fibra dietaria y proteína. Como alternativa de diversificación e incremento de consumo se desarrollaron premezclas en polvo a base de harina de plátano Hartón y licor de cacao que se reconstituyen con agua para la elaboración de productos horneados tipo brownie y bebidas como alternativa para intolerantes al gluten haciendo uso de fuentes no convencionales de harina con potencial en la industria alimentaria lo que puede aumentar la demanda de productos locales fabricados con tecnologías apropiadas. Se establecieron las condiciones del proceso para la obtención de licor de cacao y harina de plátano, se caracterizaron fisicoquímicamente mediante análisis proximal el cual arrojó: para el licor de cacao humedad 3,71%, cenizas 3,45%, grasa 53,56%, proteína 13,48%, fibra 28,33%, azúcares totales 3,4%; para la harina de plátano: humedad 8,92%, cenizas 1,69%, grasa 0,31%, proteína 2,57%, fibra dietaria total 8,7%, azúcares totales 6,1; tamaño de partícula, actividad de agua de 0,50 y 0,44 respectivamente (aw). Se realizaron cuatro formulaciones variando los porcentajes de harina de plátano y licor de cacao, como edulcorante se utilizó panela granulada para cada premezcla. Fueron evaluadas sensorialmente mediante una escala hedónica de 0 a 9 puntos, evaluando atributos de apariencia, aroma color, sabor, textura para determinar la aceptabilidad por parte de un panel no entrenado conformado por 50 personas donde no se obtuvieron diferencias significativas entre formulaciones, sin embargo, la formulación 3 para producto horneado tuvo mayor aceptación. Para evaluar

el efecto de la harina y licor de cacao se evaluó color, perfil de textura y microscopía electrónica de barrido. Para la formulación seleccionada se realizó prueba de vida útil acelerada e isothermas de adsorción. Las mediciones se realizaron por triplicado y se analizaron mediante análisis de varianza.

Palabras clave: *Plátano, Harina, Licor de cacao, premezclas, diseño de productos, polvo, vida útil, isothermas, horneado, bebida, actividad de agua.*

Abstract

Development of powdered pre-mixes based on banana flour (Musa AAB Simmonds) and cocoa liquor (Theobroma Cacao L.) for the production of beverages and baked goods

The Hartón banana (Musa AAB Simmonds) is used as part of the agroforestry system with the cultivation of cocoa (Theobroma cacao L.), commonly in the Andean region of Colombia; added to this; They represent a high nutritional source due to their dietary fiber and protein content. As an alternative to diversify and increase consumption, powder premixes based on Hartón banana flour and cocoa liquor were developed that are reconstituted with water for the preparation of brownie-type baked products and drinks as an alternative for gluten intolerant people using non-food sources. conventional flour with potential in the food industry, which can increase the demand for local products manufactured with appropriate technologies. The process conditions were established to obtain cocoa liquor and banana flour, they were characterized physicochemically through proximal analysis which showed: for the cocoa liquor, humidity 3.71%, ash 3.45%, fat 53.56% , protein 13.48%, fiber 28.33%, total sugars 3.4%; for banana flour: moisture 8.92%, ash 1.69%, fat 0.31%, protein 2.57%, total dietary fiber 8.7%, total sugars 6.1; particle size, water activity of 0.50 and 0.44 respectively (aw). Four formulations were made varying the percentages of banana flour and cocoa liquor; granulated panela was used as a sweetener for each premix. They were sensory evaluated using a hedonic scale of 0 to 9 points, evaluating attributes of appearance, aroma, color, flavor, texture to determine acceptability by an untrained panel made up of 50 people where no significant differences were obtained between formulations, however , formulation 3 for baked product had greater acceptance. To evaluate the effect of flour and cocoa liquor, color, texture profile and scanning electron microscopy were evaluated. For the selected formulation, an accelerated shelf life test and adsorption isotherms were carried out. Measurements were performed in triplicate and analyzed by analysis of variance.

Keywords: *Banana, Flour, Cocoa liquor, premixes, product design, powder, shelf life, isotherms, baking, beverage, water activity.*

Contenido

	Pág.
Contenido	
OBJETIVOS.....	22
o <i>Objetivo general.....</i>	<i>22</i>
o <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>22</i>
1. Capítulo I. MARCO TEÓRICO	23
1.1 <i>Antecedentes</i>	<i>23</i>
1.2 <i>Fundamentación teórica</i>	<i>26</i>
1.2.1 <i>Licor de cacao</i>	<i>26</i>
1.2.2 <i>Harina de plátano</i>	<i>28</i>
1.2.3 <i>Panela granulada.....</i>	<i>30</i>
1.2.4 <i>Premezclas, mezclas en polvo o polvos alimentarios</i>	<i>32</i>
1.2.5 <i>Isotermas de sorción de humedad.....</i>	<i>33</i>
2. Metodología	36
2.1 <i>Contenido de Humedad.....</i>	<i>37</i>
2.2 <i>Proteína</i>	<i>37</i>
2.3 <i>Grasa</i>	<i>40</i>
2.4 <i>Cenizas</i>	<i>40</i>
2.5 <i>Fibra dietaria total</i>	<i>41</i>
2.6 <i>Carbohidratos.....</i>	<i>41</i>
2.7 <i>Azúcares reductores y azúcares Totales.....</i>	<i>41</i>
2.8 <i>Sulfitos para panela.....</i>	<i>41</i>
2.9 <i>Tamaño de partícula</i>	<i>42</i>
2.10 <i>Microbiológicos</i>	<i>42</i>
2.11 <i>Solubilidad y Capacidad de Absorción de Agua</i>	<i>42</i>
2.12 <i>Viscosidad.....</i>	<i>43</i>
2.13 <i>Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (SEM).....</i>	<i>44</i>
2.14 <i>Perfil de Textura (TPA).....</i>	<i>45</i>
2.15 <i>Color</i>	<i>45</i>
2.16 <i>Actividad de agua (aw).....</i>	<i>46</i>
2.17 <i>Isotermas de sorción.....</i>	<i>46</i>
2.18 <i>Evaluación sensorial</i>	<i>48</i>
2.19 <i>Vida Útil acelerada</i>	<i>49</i>
3. Capítulo II.....	51

<i>Determinación de la composición proximal, características fisicoquímicas y las condiciones de procesamiento de la harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) para el desarrollo de las mezclas.</i>		51
3.1	<i>Resumen</i>	52
3.2	<i>Introducción</i>	53
3.3	<i>Metodología</i>	55
3.3.1	<i>Condiciones de procesamiento de Materia prima</i>	55
3.3.1.1	<i>Granos de cacao</i>	55
3.3.1.2	<i>Licor de Cacao</i>	56
3.3.1.3	<i>Harina de plátano</i>	57
3.3.1.4	<i>Panela</i>	59
3.3.2	<i>Caracterización fisicoquímica de las materias primas</i>	59
3.4	<i>Resultados y análisis</i>	60
3.4.1	<i>Granos de cacao</i>	60
▪	63	
3.4.2	<i>Licor de cacao</i>	63
3.4.3	<i>Harina de plátano</i>	69
3.4.4	<i>Panela</i>	76
4.	Capítulo IV	83
<i>Evaluación fisicoquímica y sensorial de las mezclas en polvo para bebidas y para un producto horneado</i>		83
○	84
4.1	<i>Resumen</i>	84
○	85
4.2	<i>Materiales y métodos</i>	85
4.2.1	<i>Mezclas en polvo para producto horneado</i>	85
4.2.2	<i>Mezclas en polvo para una bebida</i>	87
4.3	<i>Resultados y análisis</i>	88
4.3.1	<i>Mezclas en polvo para producto horneado</i>	88
4.3.1.1	<i>Evaluación sensorial</i>	89
4.3.1.2	<i>Color de las premezclas y producto horneado</i>	91
○	4.3.1.3 <i>Análisis de textura</i>	93
4.3.1.3	<i>Microestructura de premezclas</i>	95
4.3.1.4	<i>Microestructura de horneados</i>	97
4.3.1.5	<i>Caracterización de premezcla seleccionada</i>	98
4.3.1.6	<i>Prototipo de premezcla lista para preparar horneado</i>	99
5.	Capítulo V	104
<i>Seguimiento del desempeño y la durabilidad de las premezclas desarrolladas para productos horneados</i>		104
○	105
5.1	<i>Almacenamiento a diferentes temperaturas de la muestra para horneados</i>	105
○	105
5.1.1	<i>Humedad y actividad de agua</i>	105
5.1.2	<i>Perfil de textura durante almacenamiento</i>	107
5.1.2	<i>Isotermas de mezcla empolvo comparadas con materias primas</i>	108

Contenido	13
<i>5.1.3 Color</i>	110
Conclusiones	112
Recomendaciones	113

Lista de figuras

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 1</i> Tipos de isotermas descritas por Brunauer	32
<i>Figura 2</i> Esquema Determinación de proteína método Kjeldahl	37
<i>Figura 3</i> Esquema tecnológico para obtención de licor de cacao	55
<i>Figura 4</i> Esquema tecnológico para obtención de harina de plátano	56
<i>Figura 5</i> Imagen de Granos de cacao utilizados para peso y tamaño	58
<i>Figura 6</i> Imagen de prueba de corte con guillotina de granos fermentados y secos	59
<i>Figura 7</i> Imagen del proceso de obtención de licor de cacao	60
<i>Figura 8 a.</i> Isotherma de sorción de licor de cacao en polvo a 25°C con datos experimentales; <i>b.</i> Ajuste de la isoterma de sorción de licor de cacao con modelos BET, DLP y GAB	62
<i>Figura 9</i> Imagen análisis microestructural del licor de cacao a 100X, 500X y 1000X	64
<i>Figura 10</i> Imágenes del proceso de obtención de harina de plátano	67
<i>Figura 11</i> Isotherma de sorción de harina de plátano y ajustes con modelos GAB, BET y DLP	70
<i>Figura 12</i> Análisis microestructural de harina de plátano Hartón a 100X, 500X y 1000X	72
<i>Figura 13</i> Isotherma de sorción de panela granulada	74
<i>Figura 14</i> Imagen análisis microestructural de panela granulada a 100X, 500X y 1000X	76
<i>Figura 15</i> Isothermas de panela, harina de plátano y licor de cacao a 25°C	77
<i>Figura 16</i> Preparación de producto horneado y evaluación sensorial.	85
<i>Figura 17</i> Análisis y comparación de color de premezclas y producto horneado	87
<i>Figura 18</i> Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 100X	91
<i>Figura 19</i> Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 500X	92
<i>Figura 20</i> Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 1000X	92
<i>Figura 21</i> Análisis microestructural de productos horneados a 1000X	93

Figura 22 <i>Cara frontal prototipo de etiqueta</i>	97
Figura 23 <i>Cara posterior de etiqueta de producto</i>	97
Figura 24 <i>Comportamiento de aw y % de humedad durante el almacenamiento de la F3</i>	101
Figura 25 <i>Isoterma de sorción de la premezcla para producto horneado</i>	103
Figura 26 <i>Isotermas de materias prima y mezcla en polvo seleccionada</i>	104

Lista de tablas

	<i>Pág.</i>
<i>Tabla 1</i> <i>Escala hedónica estructurada de nueve puntos utilizada</i>	47
<i>Tabla 2</i> <i>Peso y tamaño de 100 granos de cacao</i>	58
<i>Tabla 3</i> <i>Resultados de prueba de corte para granos de cacao fermentados y secos</i>	59
<i>Tabla 4</i> <i>Propiedades fisicoquímicas del licor de cacao en polvo</i>	61
<i>Tabla 5</i> <i>Porcentajes de rendimiento de pulpa y cáscara de plátano verde</i>	66
<i>Tabla 6</i> <i>Porcentajes de rendimiento de harina y cáscara de plátano verde</i>	66
<i>Tabla 7</i> <i>Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano obtenida</i>	68
<i>Tabla 8</i> <i>Tamaño de partícula de la harina obtenida</i>	69
<i>Tabla 9</i> <i>Propiedades fisicoquímicas de panela granulada</i>	73
<i>Tabla 10</i> <i>Formulación de premezclas para productos horneados en porcentaje (%)</i>	82
<i>Tabla 11</i> <i>Formulación de premezclas para productos horneados en porcentaje (%)</i>	83
<i>Tabla 12</i> <i>Evaluación sensorial de los productos horneados preparados con las premezclas</i>	86
<i>Tabla 13</i> <i>Evaluación de color escala CIELAB de premezclas, producto horneado y mezcla comercial.</i>	86

Tabla 14	<i>Perfil de textura de productos horneado de las formulaciones de premezclas</i>	89
Tabla 15	Caracterización proximal de premezcla F3 para producto horneado	94
Tabla 16	<i>Información nutricional formulación F3 para premezcla de producto horneado</i>	96
Tabla 17	<i>Humedad y actividad de agua durante almacenamiento</i>	100
Tabla 18	<i>Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a 38°C</i>	102
Tabla 19	<i>Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a 20°C</i>	102
Tabla 20	<i>Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a Temperatura ambiente</i>	103
Tabla 21	<i>Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 38°C</i>	105
Tabla 22	<i>Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 20°C</i>	105
Tabla 23	<i>Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 38°C</i>	106

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura Término

<i>a_w</i>	<i>Actividad de agua</i>
<i>L</i>	<i>Indica la luminosidad</i>
<i>a*</i>	<i>Coordenada roja (+) /verde (-)</i>
<i>b*</i>	<i>Coordenada amarilla (+) /azul (-)</i>
<i>H</i>	<i>Ángulo de tono</i>
<i>C</i>	<i>Croma</i>
<i>ppm</i>	<i>Partes por millón</i>
<i>G</i>	<i>Gramos</i>
<i>PH</i>	<i>Poder de hinchamiento</i>
<i>IAA</i>	<i>Índice de absorción de agua</i>
<i>ISA</i>	<i>Índice de solubilidad de agua</i>
<i>FH1</i>	<i>Formulación en polvo para horneado 1</i>
<i>FH2</i>	<i>Formulación en polvo para horneado 2</i>
<i>FH3</i>	<i>Formulación en polvo para horneado 3</i>
<i>FH4</i>	<i>Formulación en polvo para horneado 4</i>

Introducción

*El licor o masa de cacao se obtiene de la tostión, descascarillado y molienda de los granos sanos, provenientes del árbol de cacao (*Theobroma cacao L.*), está compuesta por sólidos y manteca de cacao, es fuente de grasa, fibra, carbohidratos, proteínas, flavonoides; comúnmente tiene aplicaciones en la industria del chocolate y se emplea como ingrediente en otros productos.*

*Del plátano (*Musa AAB Simmonds*) se obtiene una harina rica en carbohidratos, proteína, fibra del tipo fruto-oligosacáridos, nutrientes como potasio, el magnesio y ácido fólico; es un producto de gran importancia en la dieta alimentaria, junto con las raíces y tubérculos, aportan cerca del 40% del total de la oferta de alimentos en términos de calorías (Ruiz & Soriano, 2014). De la combinación de estos dos productos se pueden obtener mezclas alimenticias con potencial alimenticio, que aportan energía, nutrientes, fibra y pueden ser utilizadas para preparación de bebidas calientes o frías y en productos de panadería y repostería que permiten fortalecer la cadena agroalimentaria. Las mezclas de alimentos en polvo son apreciadas por los consumidores, ya que permiten conservar los alimentos durante un período prolongado sin una pérdida significativa de calidad, incluso en condiciones de almacenamiento ambiental como temperatura y humedad relativa; adicional tienen condiciones de fácil preparación para facilitar las labores culinarias y son productos destinados a mejorar la nutrición (Rifna et al., 2019).*

Durante el 2021, Colombia tuvo un aumento de la producción de cacao en un 8,9% con respecto al 2020 con a 69.040 toneladas siendo un valor récord en producción, las exportaciones de grano de cacao mostraron crecimiento de 4,9%, de esta producción

Cundinamarca ocupó el séptimo puesto con 2127 toneladas (3,49%), antecedida por Santander (41%), Antioquia (9%), Arauca (8%), Tolima (7%), Huila (7%) y Nariño (5%) (FEDECACAO, 2020). El cultivo de cacao ha venido aumentando como fomento al desarrollo y consolidación de la cultura cacaotera más eficiente en provincias como del Rionegro, Gualivá, Magdalena centro del departamento de Cundinamarca ((FEDECACAO, 2021). Actualmente estos cacaocultores producen cacao corriente en grano, el cual comercializan con intermediarios o de forma directa, estando sujetos a la variación de los precios de la demanda internacional. Adicionalmente el cultivo de cacao en un sistema agroforestal, que se alterna con la siembra de la familia musácea como el plátano en diferentes variedades, este funciona como barrera de sombra y genera ingresos económicos y de consumo a las familias que lo cultivan. Sin embargo, el plátano producido se pierde por bajos precios o por sobre producción debido a impactos ambientales, inadecuados, disminución de precios de exportación (Escobar Rueda, 2022), lo que se convierte en una fuente de oportunidad para fomentar desarrollos de nuevos productos que permitan aportar ideas que ayuden a mitigar estas problemáticas.

Los productores han venido capacitándose en temas de cultivo y beneficio para mejorar calidad y productividad de cacao en grano, aunque esto no ha sido suficiente porque se ha generado la necesidad de adquirir conocimientos en transformación de grano y en el desarrollo de productos locales, lo cual les permite entender el propósito de las buenas prácticas precosecha y postcosecha y las alternativas de nuevos mercados que apoyan la economía local.

De estas dos materias primas se obtienen productos como el licor de cacao y la harina de plátano que constituyen una importante fuente de diferentes compuestos fitoquímicos que pueden aprovecharse en distintas áreas desde un punto de vista biotecnológico, o como ingredientes alimentarios directos o en forma de polvo, por lo tanto, obtener productos en polvo se convierte en una alternativa y reto para la industria (Rifna et al., 2019). En la industria alimentaria, los principales objetivos de desarrollar productos alimenticios son aportar funcionalidad, alto valor nutritivo, mejorar la calidad y la aceptación por parte de consumidor. Esta matriz alimentaria tiene mecanismos o componentes con alta tensión superficial que pueden dificultar la reconstitución completa (humedecer, hundir, dispersar

y disolver) de los polvos, lo que hace necesario buscar alternativas que permitan mejorar la calidad del producto.

En vista de las potenciales aplicaciones que puede tener el licor de cacao y la harina de plátano y de los pocos estudios que han realizado haciendo uso de la mezcla de estas materias primas; este proyecto pretende abordar la investigación en el desarrollo de productos alimenticios en polvo con alto valor nutricional que permitan aprovechar productos agroindustriales producidos en diferentes zonas del país, especialmente en Cundinamarca y que al mezclarlos pueden ser una importante fuente de fibra, compuestos fitoquímicos, antioxidantes, proteínas, almidón, minerales y propiedades energéticas; teniendo en cuenta que las características de las materias primas pueden influir en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales (Marlo et al., 2015; Rocha, 2016), cuando se apliquen en un producto final como bebidas y productos horneados tipo brownie.

*Estableciendo de parámetros de proceso y características de las materias primas resulta de interés estudiar si pueden ser útiles para aplicaciones diferentes a la industria de alimentos. En tal sentido se propone este proyecto para responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo cambian propiedades sensoriales, de viscosidad, degradación, gelatinización, estructura, microestructura, solubilidad y el poder de hinchamiento de la harina de plátano y del licor de cacao con la proporción? ¿Es posible obtener mezclas de licor de cacao (*Theobroma cacao L.*) y harina de plátano (*Musa AAB Simmonds*) que posteriormente sean utilizadas en la elaboración de bebidas y horneados? ¿Cuál sería la formulación apropiada para una mezcla en polvo soluble y una mezcla para productos horneados a base de licor de cacao y harina de plátano, que cumpla con características fisicoquímicas, sensoriales y de vida útil? Preguntas que se responden con el planteamiento de la hipótesis nula y alterna, como se observa a continuación:*

Hipótesis Nula

Ho= no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de las mezclas realizadas para una mezcla en polvo soluble y una mezcla para productos horneados a base de licor de cacao y harina de plátano

Hipótesis alterna

Ha= se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de las mezclas realizadas para una mezcla en polvo soluble y una mezcla para productos horneados a base de licor de cacao y harina de plátano.

OBJETIVOS

○ **Objetivo general**

*Desarrollar Pre-mezclas para bebidas y productos horneados a base de harina de plátano (*Musa AAB Simmonds*) y licor de cacao (*Theobroma Cacao L.*) como una opción de alimento con potencial alimenticio alto.*

Objetivos específicos

- *Determinar la composición proximal y las condiciones de procesamiento, así como las características fisicoquímicas de las materias primas seleccionadas para el desarrollo de las mezclas.*
- *Evaluar las formulaciones de las mezclas para bebidas y para un producto horneado*
- *Realizar un seguimiento del desempeño y la durabilidad de los productos desarrollados y seleccionados por aceptación*

1. Capítulo I. MARCO TEÓRICO

Este capítulo abarca la revisión bibliográfica de los aspectos principales de las materias primas seleccionadas para el desarrollo de mezclas en polvo listas para preparar, como lo son el cacao y el plátano. En Colombia tienen gran importancia dado que el cultivo de cacao asociado con el cultivo de plátano se desarrolla en zonas rurales en donde había los conflictos sociales, a su vez presentan potencial nutricional, social y comercial; lo que crea interés en investigación y desarrollo de productos a base de harina de plátano, licor de cacao y panela, que generen diversificación y aportes en la alimentación con productos con calidad que se pueden fabricar con metodologías apropiadas que permitan a los pequeños productores mejorar sus ingresos (Chilo Ramos, 2020; Pabón et al., 2016).

1.1 Antecedentes

En la industria se han desarrollado productos base a premezclas de harinas principalmente de trigo y han venido emergiendo a base de harinas compuestas, estos simplifican las preparaciones finales, las condiciones de proceso, la versatilidad de almacenamiento y la practicidad buscando impulsar la transformación e industrialización de materias primas que permitan dar un valor agregado a los productos que se cultivan en la zona a su vez aportan a la seguridad alimentaria. Para el diseño de las premezclas listas para preparar se realizó una búsqueda de productos o materias primas similares encontrando:

Para premezclas utilizadas en productos de panificación, snacks, pasta, donde han utilizado harina de plátano o residuos de plátano;

Cerezal et al. (2011), desarrollaron una mezcla alimenticia en polvo a base de quinua, lupino, maíz y arroz saborizada con plátano con un proceso tecnológico de bajo costo para obtener un producto tipo postre con alto valor proteico que se reconstituyen con leche o agua, como suplemento alimenticio para la nutrición de niños entre 6 y 24 meses que presentan intolerancia al gluten para contribuir al mejoramiento de la calidad de la proteína, por compensación de los aminoácidos esenciales. Obtuvieron humedades por debajo del 15% que favorecen la conservación ya que tienen actividad de agua baja (Pacheco Delahaye & Testa, 2005; Pacheco-Delahaye et al., 2004; Salvador et al., 2017).

Galeppi (2015), elaboró una premezcla para brownie de cacao amargo con harina de trigo, harina de algarrobo, azúcar, leche en polvo, lecitina, polvo de cacao, inulina; que se reconstituye con agua y adición de margarina derretida, obteniendo un producto con buena aceptación y con características de sabor, textura y aroma similares al brownie tradicional.

*Salvador et al., (2017), elaboraron harina de plátano (*musa paradisiaca*) para incluirla como ingrediente alternativo para elaboración de pan y pasta fresca. Alvarado & Peñafiel, (2022), desarrollaron una mezcla extruida utilizando residuos de plátano verde frito y crudo procedentes de la fabricación de snack tipo chifles para ser utilizados en preparaciones como tortillas y cazuelas.*

En el caso de las bebidas, Loo Kung et al. (2013), evaluaron la optimización de la aceptabilidad de una mezcla en polvo de cacao para una bebida, usando polvo de cacao alcalinizado (15, 17.5 y 20%), emulsificantes como lecitina de soya (0.1; 0.3 y 0.5% , azúcar (25%) para mejorar la capacidad de dispersión en diferentes concentraciones y reconstituidas en agua, en esta evaluación encontraron que Las mezclas con polvo de cacao ligeramente alcalinizadas (pH 6,5) presentaron un sabor suave similar al chocolate con leche; con un polvo de cacao a pH 5,0 percibieron un leve sabor ácido con sabor a

cacao afrutado y una mezcla altamente alcalinizadas (pH 8), genero un sabor y amargo más intenso a cacao.

Ruiz & Soriano, (2014) plantearon la elaboración de una mezcla alimenticia de pasta de cacao y harina de plátano para preparar una bebida caliente, en concentraciones de 50/50, 33.3/66.7 y 25/75 respectivamente, donde encontraron que concentraciones mayores de pasta de cacao no presenta una aceptación mayor debido a su sabor amargo pronunciado y sensación de grasa, sin embargo concentraciones menores de pasta de cacao y mayores de harina, generan mayor aceptación, la caracterización que realizaron fue contenido de humedad, proteína, grasa total, ceniza, carbohidratos y aporte energético.

Marlo et al., (2015), elabora un chocolate de taza enriquecido con harina de plátano (musa paradisiaca), endulzado con panela, donde realizaron formulaciones con pasta de cacao, harina de plátano y panela de (70%; 15%; 15%), M2: (75%; 12,5%; 12,5%) y M3: (80%; 10%; 10%) respectivamente y un 100% pasta de cacao como testigo, como una alternativa de alimentación para disminuir el índice de desnutrición, problemáticas existente en algunas regiones y como alternativa de valor agregado para aprovechamiento de los cultivos existentes. Encontraron que la formulación con 70% de pasta de cacao, 15% de harina de plátano y 15% de panela, fue la más aceptada los consumidores por el sabor, adicional la bebida obtenida presentó la viscosidad.

Ruano (2019) analizó la cinética del deterioro de una premezcla de cacao en polvo para preparar bebidas chocolatadas utilizando materias primas como cacao, cacao en polvo durante 0; 21; 49 y 70 días a temperatura ambiente, los parámetros evaluados fueron contenido de humedad, ácidos grasos libres, índice de peróxido, crecimiento microbiológico (aerobios mesófilos) y evaluación sensorial por aceptación , donde encontraron que durante el almacenamientos la humedad se ve afectada junto con la formación de los ácidos grasos libres que generaron influencia en la pérdida de calidad del producto con el tiempo de almacenamiento.

1.2 Fundamentación teórica

1.2.1 Licor de cacao

*El cacao (*Theobroma cacao L.*) es originario de América del Sur y de América central, botánicamente se clasifican en cacao criollo con almendras blancas o rosadas, el cual presenta mayor calidad de grano, pero bajo rendimiento; el cacao forastero con almendra es de color violeta oscuro, de mucilago ácido, que es más resistente a las enfermedades y es considerado como cacao corriente, poseen mayor contenido de grasa; y el trinitario que es una combinación entre el criollo y el forastero, son más productivos, con características de sabor y aroma, más resistentes a enfermedades, de más rápido crecimiento, se adaptan a diferentes condiciones agroclimáticas (Beckett, 2008; Beg et al., 2017; Fedecacao, 2016; Perea et al., 2013; Quintero & Díaz, 2004).*

Los granos de cacao pasan por varias etapas dentro de la cadena de valor para su transformación desde el cultivo hasta el consumidor, como son la producción de granos de cacao en las fincas donde una vez está maduro el fruto, pasan por desgranado, fermentación aeróbica y anaeróbica, secado solar o mecánico; luego estos granos secos van a la comercialización y abastecimiento, donde los granos son recibidos según su calidad en la fermentación, tamaño y contenido de humedad que va del 6 al 8%. Posteriormente estos granos son procesados por la industria en dos grandes grupos de productos: los semielaborados o subproductos (pasta de cacao, manteca y polvo de cacao) y productos terminados como coberturas, barras, bombones entre otros (Fedecacao, 2016; Gayi & Tsowou, 2016; Quintero & Díaz, 2004).

Figura 1 Proceso de transformación del cacao y de obtención de licor de cacao



Fuente: Observatorio del cacao

La fermentación: consiste en la remoción del mucílago que cubre el grano fresco para facilitar el secado, la conservación, almacenamiento y favorece la obtención de un producto con calidad, proceso donde se acopian los granos de cacao y se eleva la temperatura que mata el embrión para facilitar el desarrollo de los precursores sabor, aroma y sabor de chocolate, facilita la separación de la testa adicional se reduce la intensidad del amargor y astringencia; los tiempos de fermentación varían del método seleccionada de 4 a 8 días, en este proceso se combina la temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad; cada 24 horas se hace un volteo para facilitar el aumento de temperatura y evitar la proliferación de hongos. El cacao se fermenta en cajas de madera, montones o sacos y mientras la fermentación está en desarrollo, ocurren diferentes fases, en el primer día se presenta una fase alcohólica por la fermentación de los azúcares por acción de las levaduras en condiciones anaeróbicas; del segundo al cuarto día se presenta una fase donde predomina las bacteria acéticas aerobias las que oxidan el alcohol en ácido acético gracias al aumento de temperatura entre 45 a 50°C, se presenta disminución de pH entre 6 – 5 o 4 lo que genera muerte del embrión, sucede la oxidación de los polifenoles, se presenta desnaturalización de proteínas del aroma y el sabor presentes en el cotiledón; del quinto al séptimo día se presentan reacciones de pardeamiento enzimático, el grano cambia de color púrpura o marrón claro (Álvarez et al., 2010a; Amado Sierra, 2021; Sinche Quillatupa, 2011)

El secado: cuando finaliza el proceso de fermentación, los granos están en 55% de humedad y deben ser llevados a una humedad entre el 7 a 8 %, durante el secado se presentan cambios químicos, inactivación de las enzimas y reducción de la acidez, este proceso puede durar de 5 a 7 días dependiendo de la intensidad solar, etapa realizada para conservar las almendras y evitar daños en la calidad por acción de los mohos durante el almacenamiento, una vez finalizado el proceso de secado se realiza una limpieza y selección, revisando que no contengan granos , mohosos, planos e impurezas (Álvarez et al., 2010b; Amado Sierra, 2021; Sinche Quillatupa, 2011; Vera Chang et al., 2015)

La tostión del grano de cacao se realiza a temperaturas que varían entre 120 a 140°C dependiendo de la variedad y características del grano durante 30 a 40 minutos, en esta etapa se desarrolla el aroma y el sabor característico del chocolate y, al mismo tiempo, oscurecer el color, facilitar el desprendimiento de la cascarilla y alcanzar una textura ideal para el quebrantamiento del grano y su conversión en nibs (Amado Sierra, 2021; Angarita & Angarita, 2017; Bustamante Adun, 2010; Lares Amaiz et al., 2012; Pallares Pallares et al., 2016; Teneda L., 2016)

Trillado y molienda: una vez tostado los granos de cacao se trillan para quitar la cascarilla, los nibs resultantes se pasan por el molino que por fuerza de fricción y compresión se convierten el licor o pasta de cacao (Amado Sierra, 2021)

1.2.2 Harina de plátano

El plátano pertenece al género *Musa*; a la familia *Musaceae* y al orden de las *zingiberáceas*; el triploide *AAB* pertenecen al grupo *paradisíaca*, entre los cuales se encuentran el plátano *Harton* (*Musa AAB Simmonds*) el cual se encuentra disponible todo

el año. Los frutos verdes que no se comercializan por defectos de tamaño o calidad pueden ser aprovechados para realizar otros productos como harinas como materia prima para elaborar otros productos que sean fuente de fibra dietaria y como potencial materia prima que permite retención de agua en productos de panificación o cárnicos (Araya Quesada et al., 2014).

En Colombia la producción de plátano es representativa, se produce en la mayoría de las regiones, aproximadamente representa el 50% del área sembrada del país con cerca de 500 mil hectáreas cultivadas, en 2017 Cundinamarca el área sembrada fue de 12,5 mil hectáreas que producen alrededor de 96 mil toneladas de producto; principalmente su consumo es a nivel interno por ser parte de la dieta alimenticia. Las variedades más cultivadas son el Hartón, dominico, cachaco (Agronet, 2017).

La harina de plátano es un producto elaborado a partir de trozos de plátano verde, desarrollado fisiológicamente, coloración verde de la cáscara y firme; es un polvo blanco, parduzco de fácil digestión y susceptible a la humedad. Es un alimento equilibrado, rico en hidratos de carbono, sales minerales, como: calcio orgánico, potasio, fósforo, hierro, cobre, flúor, yodo y magnesio. Posee muchas vitaminas, como la Vitamina A, del complejo B, como la tiamina, riboflavina, pirodoxina y ciancobalamina y, vitamina C; es empleada para bebidas, malteadas, pan integral, galletas y pasteles y se constituye como una alternativa de transformación del plátano (Marlo et al., 2015). Esta materia prima ha sido utilizada para sustituir parte de otras harinas en productos como pan (Pacheco Delahaye & Testa, 2005; Salvador et al., 2017), pastas (Salvador et al., 2017), bases para sopas deshidratadas (Sosa, 2011) productos extruidos como espaguetis (Flores-Silva et al., 2015), galletas (Leon-Mendez et al., 2020), sustituto de grasa para geles cárnicos (Araya Quesada et al., 2014), lo cual hace que tenga potencial para el desarrollo de nuevos productos por su alto valor nutricional y como sustituto de harinas que contienen gluten.

Se pueden presentar variaciones en la harina de plátano que dependen del grado de maduración, de la variedad, de los parámetros de obtención, procedencia del cultivo. (Espitia et al., 2013; Gutierrez et al., 2014). Como cita Espitia et al., (2013) a Silva (2005) y Cayón et al., (2000), Algunas variedades como Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds) se caracterizan por su distribución en pisos térmicos localizados entre 0 y 2000 m.s.n.m., entre 22 y 29 °C; tienen amplia tolerancia a condiciones de baja fertilidad de los suelos,

soportan la sequía y son resistentes a enfermedades como sigatoka amarilla y raya negra adicional tienen alto contenido de almidón y ácidos orgánicos en pulpa, debido a la dominancia del genoma balbisiana. La harina de plátano verde variedad *Musa AAB* (hartón común) es fuente de calcio, fosforo Hierro, vitamina A ,(Sosa, 2011). En la tabla 1 se muestra Composición de harina de plátano verde de algunas variedades de plátano:

Tabla 1 Composición de harina de plátano verde de algunas variedades de plátano

Composición	<i>Musa paradisiaca L (peruano)</i>	M. paradisiaca	<i>Musa ABB Simmonds (Pelepita)</i>	<i>Musa ABB Simmonds (popocho)</i>	(<i>Musa AAB</i>) plátano Hartón común (50°C)	<i>musa paradisiaca ABB</i> Dominico Hartón
Humedad (%)	9,4	9,45	8.43	10.53	10,8	7,43
Cenizas (%)	1,64	2,10	2.33	2.92	2,2	2,43
Grasa (%)	0,36	2,45	0.36	0.64	1,6	0,20
Proteína (%)	2,66	3,32	2.80	4.01	2,7	2,57
Fibra (%)	1,71	1,65	1.66	1.37	6,1	ND
Carbohidratos (%) por diferencia	85,94	81,03	84.44	80.53	82,7	87,37

Fuente: Datos tomados de (Espitia et al., 2013; Gutiérrez-Balarezo et al., 2014; Montoya et al., 2014; Montoya López, 2020; Sosa, 2011) ND: No Determinado.

1.2.3 Panela granulada

La panela granulada es un producto sólido natural no refinado endulzante y energético en forma de polvo o granos esféricos entre 1 a 2 mm de diámetro, obtenida de la concentración del jugo de caña de azúcar, mediante un proceso artesanal generalmente en trapiches paneleros, El proceso de elaboración se realiza a una temperatura de punteo más alta entre 123°C y 128°C lo que puede influir en su color y el batido más intenso lo que genera que las partículas se separen en gránulos pequeños con menos contenido de humedad, seguido de un batido intenso de las mieles en el momento de alcanzar el punto

de panela, no se le realiza ningún refinamiento o adición de reactivos químicos (Romo et al., 2004). Se caracteriza por una alta proporción de sacarosa, además de glucosa, fructosa, minerales y vitaminas; En Colombia, la producción de panela es una actividad agroindustrial representativa, se usa como edulcorante de postres, productos de panificación, y bebidas tradicionales como el agua de panela, el café, el chocolate y el natilla en su forma artesanal debido a que tiene fácil disolución en líquidos de forma instantánea (Fajardo et al., 1999; Farfán et al., 2015; González Chavarro et al., 2018; Marlo et al., 2015; Mujica et al., 2008).

Con los procesos de producción actuales en Colombia la panela tiene contenidos de humedad entre 8% y 10% en base húmeda, lo que permite que la calidad de la panela se vea afectada por factores como la humedad, debido a que es higroscópica, o sea que al exponerse al ambiente puede absorber o perder humedad, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del almacenamiento, a medida que la absorción de agua aumenta se genera apelmazamiento y ablandamiento, cambia de color, se genera un aumento de los azúcares reductores, la sacarosa disminuye y se genera presencia de microorganismos (Esparza et al., 1990; Oliva et al., 2019). A nivel normativo, la resolución 2546 DE 2004 indica que la panela granulada debe tener máximo 9% de humedad, 5.5% de azúcares reductores y 83% de sacarosa (Ministerio De Protección Social, 2004).

Las variedades de la caña es un factor importante para la calidad de la panela granulada, ya que puede influir sobre el contenido de en los azúcares reductores, el pH y el Color, sumado a la selección de cañas aptas y al control de temperatura del puesteo en la fase final de proceso de la panela pulverizada (Mujica et al., 2008). En Colombia las variedades empleadas para la producción de panela son: la POJ2714, la 2878, Cenicaña Colombia (CC) 11-600, CC 10-450, CC 99-2461, CC 00-3257, CC 91-1606 y CC 00-3771, CC 8475, CC 937711, RD 7511 las cuales se recomienda sembrar en suelos con buen drenaje para facilitar la concentración de sacarosa introducidas a la región por su alto potencial agroindustrial y comportamiento fitosanitario (Barona et al., 2021; Ramírez et al., 2014). Una vez la caña esta lista para corte acorde a la variedad se presentan características visibles como color, sabor, tamaño, grosor, sumado a la edad del cultivo y características

físicoquímicas como índice de madurez y concentración de azúcares que van desde 18 a 22 °brix (Acurio, 2010; Farfán et al., 2015; Vergara et al., 2018)

La panela está compuesta principalmente por sacarosa (65-85%), azúcares reductores (10-15%), agua (3-10%) y sustancias no solubles como grasa, proteínas, minerales, hierro y fósforo que normalmente se encuentran <1% (Velásquez et al., 2019; Jaffé, 2015).

1.2.4 Premezclas, mezclas en polvo o polvos alimentarios

Las premezclas también se conocen como polvo para preparar, mezclas en polvo o polvos alimentarios, fabricadas comúnmente con base en harina de trigo, sin embargo se han venido elaborando a base de harinas compuestas elaboradas a partir de otros cereales, tubérculos plantas leguminosas y oleaginosas y otros productos que permiten para preparar alimentos de alto valor nutritivo, estas harinas compuestas pueden diferir en las características reológicas, físicas y organolépticas lo que lleva al desarrollo de diferentes tecnologías de obtención, fortificación, o mezcla con ingredientes que permitan obtener productos con características similares a productos elaborados con trigo; sumado a esto, representan una gama muy amplia de aplicación en diferentes productos como panes, tortas, pastas, galletas, bebidas como coladas o cremas que difieren en su composición química y características físicas como el tamaño de las partículas, densidad, viscosidad, la concentración y el estado de dispersión, que influyen en la tasa de rehidratación y en la fluidez de estas mezclas en polvo (Elías, 1996; Orjuela, 2017).

Los alimentos en polvo tienen como condición fundamental una fácil preparación para facilitar las labores culinarias, lo que se debe traducir en un bajo esfuerzo físico requerido en su reconstitución una vez que se les adiciona agua o leche para su dilución y consumo

o si son cocinados a bajas temperaturas, permitiendo obtener diferentes preparaciones de repostería como horneados, postres, bebidas, y productos similares (Cerezal et al., 2011; Galeppi, 2015).

Pueden estar constituidas por ingredientes como Harinas, almidones, harinas compuestas o mezclas, grasas comestibles, claras en polvo, huevos en polvo, edulcorantes como panela, azúcar, edulcorantes o calóricos, leche en polvo, leudantes (polvo de hornear, bicarbonato, levadura), emulsificantes (lecitina), frutas deshidratadas, saborizantes naturales y aditivos que requieren para la fabricación (Galeppi, 2015), comúnmente se envasan en empaque herméticos, impermeables a la humedad, luz y gases al tener una actividad de agua baja, su estructura molecular y composición química rica en almidón, carbohidratos y proteínas que están compuestos en su mayoría de macromoléculas hidrofílicas hace que estas mezclas en polvo tengan un comportamiento altamente higroscópico que las hace susceptibles a absorber humedad durante el almacenamiento (Barbosa-Cánovas et al., 2021; Jin et al., 2019)

1.2.5 Isotermas de sorción de humedad

Las isotermas de sorción de agua presenta una importancia en la industria para varios procesos de alimentos, como secado, almacenamiento y empaque, debido a que permiten calcular el tiempo de secado, predecir el comportamiento de los componentes en una mezcla o productos elaborado, a partir de curvas de las materias primas; permite seleccionar el material de empaque idóneo, modelar la variación de humedad durante el almacenamiento, brindar información sobre la seguridad del producto y estimar la vida de anaquel en productos de baja humedad como lo son las materias primas de estudio y las mezclas prelistas (Gabas et al., 2009). Estas isotermas permiten evaluar el comportamiento del alimentos con el aire húmedo que lo rodea mediante la relación entre la actividad del agua (a_w) y el contenido de humedad a una temperatura determinada, la

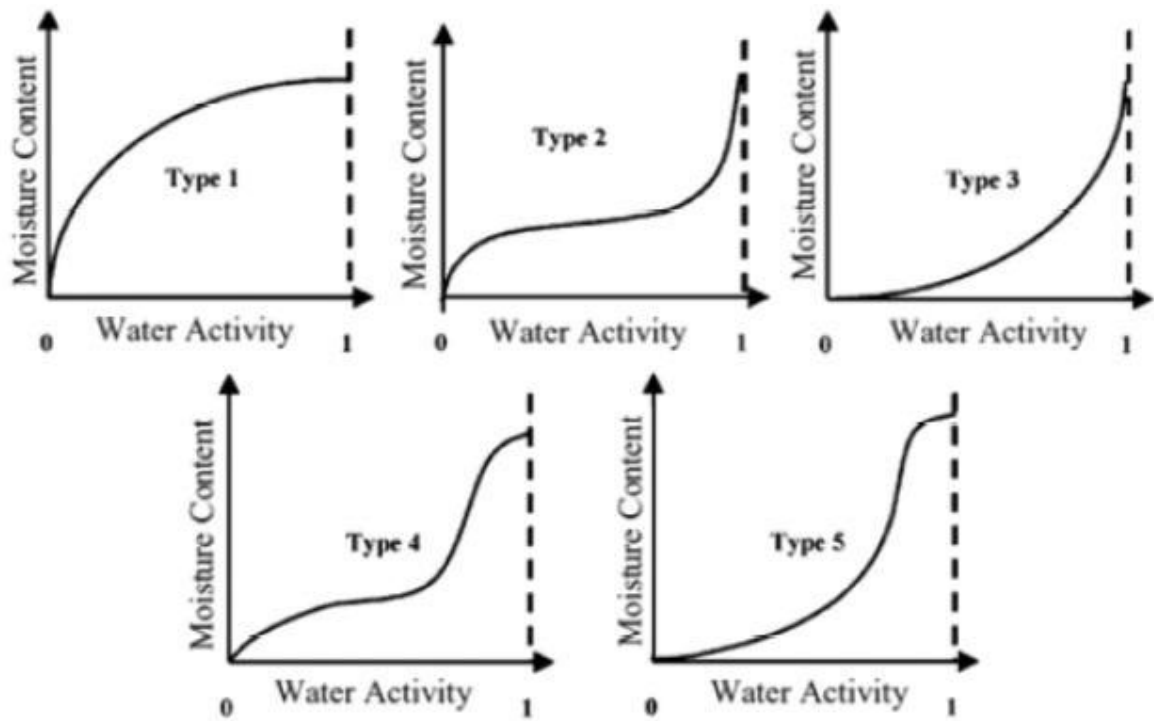
cual es única para cada productos debido a la composición y naturaleza, en este caso de productos en polvo que pueden ser cristalinos o amorfos con estructuras complejas y su interacción de los componentes solidos con el agua que puede afectar la estabilidad durante el almacenamiento generando un posible fenómeno de apelmazamiento (Mathlouthi & Rogé, 2003). Generalmente cuando aumenta la aw, el contenido de humedad aumenta, no de manera lineal.

Para interpretar y correlación existen varios modelos matemáticos que se basan en la absorción multicapa y se asocian con cinco tipos de isothermas que han sido expuestas por Brunauer, Deming y Teller (1940) como son:

- *Isoterma Tipo 1 conocida isoterma de Langmuir, que es obtenida por la adsorción monomolecular de gas por sólidos porosos en un volumen finito de huecos.*
- *Isoterma Tipo 2 es la isoterma sigmoïd, que se obtiene para productos solubles y muestra una tendencia asintótica a medida que la actividad del agua tiende a 1.*
- *Isoterma Tipo 3, conocida como isoterma de Flory-Huggins, representa la adsorción de un solvente o plastificante como el glicerol, por ejemplo, por encima de la temperatura de transición vítrea.*
- *Isoterma de tipo 4 describe la adsorción por un sólido hidrófilo hinchable hasta que se alcanza un máximo de hidratación de los sitios.*
- *Isoterma tipo 5 es el B.E.T. (Brunauer, Emmett y Teller, 1938) isoterma de adsorción multicapa, observada para la adsorción de vapor de agua sobre carbón vegetal y relacionada con las isothermas de tipos 2 y 3.*

En la mayoría de los alimentos se presentan comportamientos sigmoidales según los tipos de isothermas expuestos de tipo 2 y 4, sin embargo productos con altos contenidos de azúcar y altamente solubles presentan un comportamiento tipo 1 como se observa en la Figura 1 de la clasificación de isothermas propuesta por Brunauer et al., 1940 citado por D.Andrade P. et al., (2011).

Figura 1 *Tipos de isothermas descritas por Brunauer*



Fuente: (D.Andrade P. et al., 2011; Mathlouthi & Rogé, 2003)

2. Metodología

*Este proyecto se llevó a cabo en la planta de vegetales, en el laboratorio de posgrado de la universidad nacional sede Bogotá, en el laboratorio de fisicoquímica de alimentos y laboratorio de cacao del Centro de desarrollo agroindustrial y empresarial del SENA – Villeta. Se utilizaron granos de cacao fermentados y secos (*Theobroma cacao* L.) procedentes de amazonas y plátano Hartón común verde (***Musa AAB simmonds***), en buen estado, sin presencia de plagas, picadura de insectos o con algún daño físico; provenientes del municipio de Sasaima, Cundinamarca. Se establecieron las condiciones de proceso para la obtención de licor de cacao y harina de plátano, estas materias primas obtenidas se caracterizaron mediante un análisis proximal que incluyó evaluación del contenido de humedad, grasa, ceniza, proteína, fibra cruda, carbohidratos, actividad de agua siguiendo la metodología oficial de la A.O.A.C y adaptaciones de otros métodos; se midieron isotermas de adsorción y se realizó microscopia electrónica de barrido, posterior a eso se realizaron las formulaciones de las mezclas en polvo para la bebida y para el producto horneado; como edulcorante para las mezclas se utilizó panela granulada proveniente de Nocaima, Cundinamarca.*

Estos fueron evaluados sensorialmente para determinar la aceptabilidad por parte de un panel no entrenado conformado por 50 personas, haciendo uso de una escala hedónica estructurada de nueve puntos (Me disgusta extremadamente a Me gusta extremadamente) con la que se determinará la aceptación de las mezclas en cuanto a sabor, textura, aroma y apariencia.

Para los productos seleccionados por aceptación, se les realizó un seguimiento del desempeño y la durabilidad mediante una evaluación de vida útil acelerada evaluando parámetros de color, actividad de agua, humedad, textura e isotermas de adsorción. Los

prototipos se presentaron con rotulo que contiene, nombre de producto, contenido neto, porciones, ingredientes, tabla nutricional, forma de uso y recomendaciones de almacenamiento acorde con la normativa colombiana vigente.

La transferencia de conocimientos se realizó a una comunidad que trabaja con cultivo de cacao, plátano y panela en el municipio de Vergara, Cundinamarca, donde se realizó el proceso de obtención de licor de cacao, harina de plátano y diferentes mezclas de productos en polvo, lo cual promueve la diversificación de derivados de cacao y materias primas asociadas al cultivo. A continuación, se especifican la metodología de los análisis físicos y químicos realizados en las diferentes etapas del proyecto.

2.1 Contenido de Humedad

El contenido de humedad (%) se midió gravimétricamente, se pesó de 2 a 3 g de muestra, fueron llevadas al horno de secado marca memmert a 105°C hasta peso constante, se pesaron en una Balanza analítica Ohaus pionner, adaptando las metodologías 934.06 - 931.04 - 945.15 - 925.45 de la AOAC, (2016), los datos se reportaron en base humedad $\frac{(g\ agua)}{100\ g\ total}$) haciendo uso de la ecuación (0-1), se midieron por triplicado para las muestras de materia prima (licor de cacao, Harina de plátano, Panela) y mezclas en polvo.

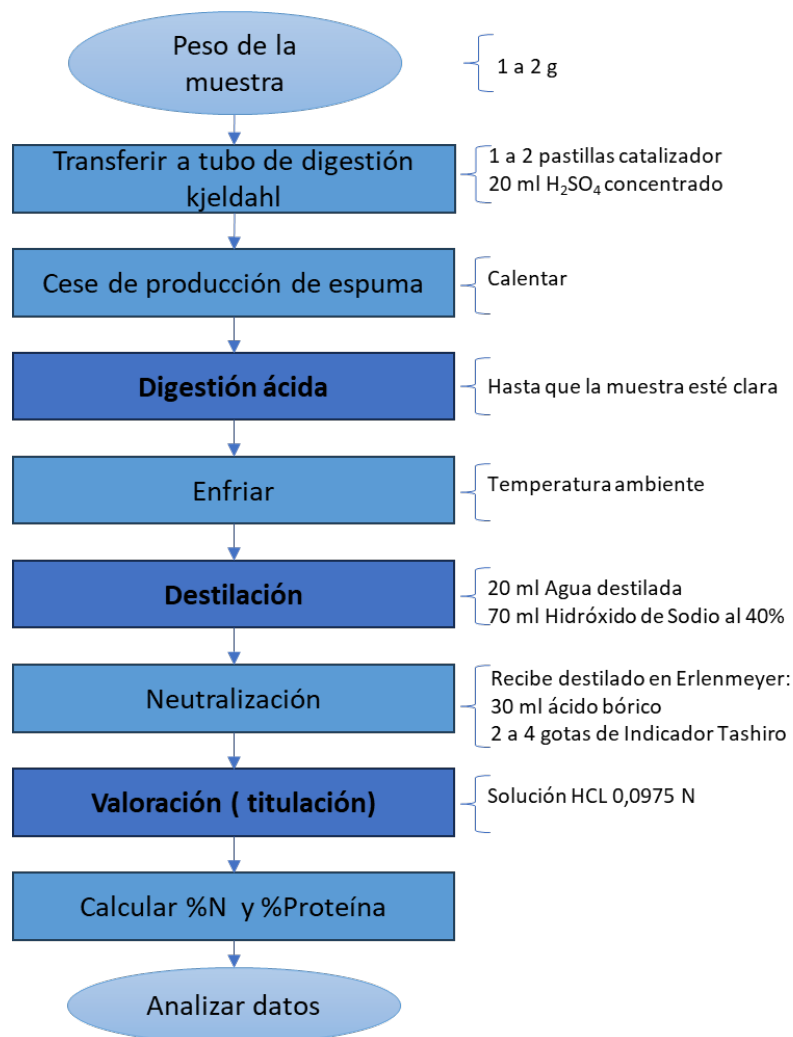
$$\% \text{ Humedad (bh)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{peso inicial}} * 100 = \frac{g\ agua}{100g\ total} \quad (0-1)$$

2.2 Proteína

El análisis de proteína se basa en la determinación de nitrógeno total o nitrógeno orgánico de la matriz multiplicado por un factor específico, para las muestras de materia prima (licor de cacao, Harina de plátano, Panela) y mezclas en polvo (formulaciones seleccionadas

por aceptación sensorial), el contenido de proteína se midió por triplicado según el método volumétrico con la técnica de digestión de Kjeldahl acorde la AOAC 2016 como se observa en la Figura 2.

Figura 2 Esquema Determinación de proteína método Kjeldahl



Fuente: Autor – con adaptación de metodología AOAC

Se peso aproximadamente 1 a 2 g de muestra con la balanza analítica Ohaus Pioneer, posteriormente las muestras se colocaron en un tubo de digestión DE 250 ml con una pastilla catalizadora, se adicionaron 20 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, se

homogenizó y llevó a la cámara de para el proceso de digestión hasta que la muestra quedó completamente clara. La muestra libre de materia orgánica se sometió a destilación. En un Erlenmeyer de 250 ml se agregaron 30 ml de una solución de ácido bórico (H_3BO_3) al 4% (p/p), se agregó 2 gotas de indicador de tashiro con rojo de metilo y verde de bromocresol; la muestra digerida se llevó a la unidad de destilación sometió a destilación a vapor en el destilador semiautomático (VELP Scientifica UDK 129), se agregó 20 ml de agua destilada y 70 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% con ayuda de una bomba, hasta que tomo un color café oscuro, donde se neutraliza, posterior el borato de amonio se tornó a un color verde transparente; la muestra final se tituló con ácido clorhídrico (HCl) al 0.0975N hasta alcanzar el punto de equivalencia en el cual vira el indicador y cambia a color azul transparente, con este volumen de ácido clorhídrico gastado se determina que determina el contenido de Nitrógeno de la muestra y posterior se expresa en porcentaje de proteína. El contenido de proteína se expresó en base porcentual, es decir en g por cada 100 g de alimento, haciendo uso de la ecuación 0-2 y 0-3.

$$\%N = V * N * \frac{14}{1000} * \frac{100}{\text{peso de la muestra}} \quad (0 - 2)$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N * F \quad (0-3)$$

Donde:

$\%N$ = porcentaje de nitrógeno

V = Volumen gastado de HCL (ml)

N = normalidad de la solución de ácido clorhídrico

F = factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda. Para las muestras analizadas se emplea 6.25

$$\frac{14}{1000} = \text{miliequivalentes de Nitrógeno en proporción a la proteína (pmeq N)}$$

2.3 Grasa

La determinación del contenido de grasa bruta o extracto etéreo se realizó por triplicado, empleando el método gravimétrico de extracción Soxhlet adaptando los métodos 920.85 y 963.15 de la AOAC, (2016). Se pesó de 4 a 5 g de muestra en papel filtro usando balanza analítica, posteriormente fue introducida en el cartucho de extracción Soxhlet; seguido a esto, se pesó el matraz de ebullición de 250 ml previamente seco y se adicionó 170 ml de bencina de petróleo; se insertó el matraz en el cartucho de extracción, estos fueron llevados al extractor Soxhlet, a temperatura de 200 °C por 6 horas, luego se retiraron los balones y se llevaron al roto-evaporador IKA RV-10 digital con baño de calentamiento IKA HB 10 digital a una temperatura de 55°C a 200 rpm hasta evaporación del solvente. Las muestras obtenidas se llevaron a la estufa a 60°C por 2 horas, seguido a esto se trasladaron al desecador hasta temperatura ambiente, se pesaron los balones, el contenido de grasa fue expresado en $\frac{(g \text{ grasa})}{100 g \text{ alimento}}$ mediante la ecuación 0-4.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso balon con grasa extraida} - \text{peso balon vacío}}{\text{peso muestra inicial}} * 100 \quad (0-4)$$

2.4 Cenizas

La determinación del contenido de cenizas o materia inorgánica se realizó por triplicado, según el método 923.03 de la AOAC, (2016), se pesaron 2 g de muestra en crisoles de porcelana, se pre-calcinaron a 300°C por 3 horas, seguido a esto la mufla de calcinación Hotpack WaterLoo a 600°C por 12 horas, una vez calcinadas, se enfriaron y se llevaron al desecador hasta temperatura ambiente, se pesaron los crisoles y el resultado fue expresado en $\frac{(g)}{100 g \text{ alimento}}$ mediante la ecuación (0-5).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso crisol con cenizas} - \text{peso crisol vacío}}{\text{peso muestra inicial}} * 100 \quad (0-5)$$

2.5 Fibra dietaría total

El contenido de fibra dietaría se determinó según el método gravimétrico enzimático adaptado de la metodología 20.86 y 930.20 de la AOAC, (2016), se pesó 1 g de muestra previamente desengrasado, se le adicionó 40 ml de buffer y 50 μ L de solución de α -amilasa, se incubo a 90°C por 30 minutos. Luego se adicionaron 100 μ L de solución de proteasa y se llevó a 60°C por 30 minutos, adicional al procedimiento se añadió ácido clorhídrico (HCl) 0.56 N y se llevó a pH de 4.5. Luego, se agregaron 200 μ L de solución de amiloglucosidasa y se llevó a baño termostático a una temperatura de 60°C por 30 minutos, tiempo al cual se adicionaron cuatro volúmenes de etanol al 95% y se esperó por 12 horas para la filtración. Finalmente, con el residuo de la muestra 1 se realizó una determinación por cenizas y con el residuo de la muestra 2 se realizó una cuantificación de proteína para su posterior corrección en el valor del resultado, El resultado de fibra dietaría se expresa en g por cada 100 g de alimento.

2.6 Carbohidratos

El contenido de carbohidratos totales se realizó por diferencia.

2.7 Azúcares reductores y azúcares Totales

El contenido de azúcares reductores y totales se determinó por el método Volumétrico 923,09 de la AOAC, (2016).

2.8 Sulfitos para panela

El contenido de sulfitos para panela se determinó por el método cualitativo 975,32 (Positivo/Negativo) de la AOAC, (2016).

2.9 Tamaño de partícula

La Granulometría (tamizado) para harina de plátano obtenida se determinó por el método adaptado número 965.22 de la AOAC, (2016), se utilizaron tamices N° 20, 30, 40, 60, 80, 100 y finos U.S Standard SIEVE Series con una zaranda Ro-Tap testing sieve shaker TYLER Company. Se pesó 100 gramos de harina y se pesaron los tamices individualmente, luego se llevaron a la zaranda por 20 minutos. Luego se pesaron los tamices con la harina retenida en cada malla, el porcentaje de retención de cada malla se calculó con la ecuación 0-6.

$$\% \text{ Retencion mallas} = \frac{\text{Peso retenido sobre la malla}}{\text{peso muestra inicial}} * 100 \quad (0-6)$$

2.10 Microbiológicos

Las pruebas microbiológicas se realizaron a las formulaciones seleccionadas por aceptación sensorial por el método 966.23 de la AOAC, (2016), para determinación de Recuento en placa aeróbicas, número más probable de bacterias coliformes y *Escherichia coli* y estafilococos.

2.11 Solubilidad y Capacidad de Absorción de Agua

Para las mezclas en polvo para bebidas se determinó el índice de solubilidad (ISA), índice de absorción (IAA) y poder de hinchamiento (PH) por el método gravimétrico adaptado de las metodologías 938.03 y 938.03 de la AOAC, (2016) y de las metodologías de Anderson et al., (1969); Hernández-Santos et al., (2021); Huamani et al., (2020); Rodríguez Sandoval et al., (2012); ORTIZ et al., (2010) para harina de plátano y mezclas en polvo para bebidas. La muestra se homogenizó por medio de un tamiz, luego se pesó 1 g, se diluyó en 10 ml

de agua destilada, se agitó por 5 minutos en un vortex a 1200 rpm, luego se realizó agitación en una plancha con agitación magnética durante 15 minutos; la muestra se pasó a un tubo falcon y se trasladaron a una Centrifuga Spinplus por 25 minutos a 3000 rpm. Luego en una Balanza analítica Ohaus pionner de cuatro cifras decimales. El sobrenadante se depositó en una cápsula y se secó en un horno de secado de aire caliente GEMMY, a 1052°C durante 4 horas, el gel retenido en los tubos de pesó. Esta determinación se realizó con dilución en agua temperatura ambiente y a 85 °C con el propósito de establecer el comportamiento de la preparación de la mezcla en polvo para la bebida en frío y caliente. El IAA, ISA y PH, se determinaron de acuerdo con las ecuaciones. Los ensayos se realizaron por triplicado.

$$IIA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \quad (0-7)$$

$$\%ISA = \frac{\text{Peso seco del sobrenadante (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100 \quad (0-8)$$

$$PH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g) - peso seco del sobrenadante}} \quad (0-9)$$

2.12 Viscosidad

El Comportamiento reológico de las mezclas en polvo para se evaluó mediante La curva reológica principal (dependencia de la velocidad de cizallamiento-esfuerzo cortante) utilizando un Viscosímetro rotacional HAAKE™ Viscotester™ 550, equipado con la copa de medición SV DIN versión 48 para fluidos seudoplásticos, Se realizaron mediciones para la mezcla en polvo diluida en frío en proporción de 10% p/v, la medición se realizó a temperaturas constantes de 20°C y 75°C con rango de velocidad de cizallamiento (0.001 – 645) s-1 por 600 s. para evaluar el comportamiento de la viscosidad de la bebida en caliente se realizó dilución de las mezclas y se llevó a 85°C en una plancha de

calentamiento con agitación magnética, luego se enfrió 50°C y se realizó la medición en el equipo.

Para evaluar el comportamiento reológico de la bebida al aumentar la temperatura, se midió la curva reológica con cambio de temperatura de 20°C a 85 °C con velocidad de cizallamiento constante de 15 s⁻¹ por 1800 s. la metodología se adaptó de la AOAC, (2016) número 935.35 y de la metodología de Arteaga et al., (2015); y Gechev et al., (2019). Los datos reológicos se ajustaron al modelo de Ley de potencia teniendo en cuenta la ecuación 0-10.

$$Y = ax^b \quad (0-10)$$

Donde:

$$x = \dot{\gamma} \text{ en } 1/\text{s}, y = \tau, \text{ en Pa}$$

2.13 Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (SEM)

La Caracterización Estructural y morfología de las muestras de harina de plátano, licor de cacao, panela, mezclas en polvo y producto horneado se analizaron mediante Microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés), las imágenes se obtuvieron usando un microscopio electrónico de barrido (SEM) Vega 3 – Teska con filamento de tungsteno y detector de electrones, se realizó una vista panorámica a 25x y con sensores SE secundarios de superficie y BSE retro en tonos grises, las imágenes se obtuvieron a diferentes resoluciones como 100x, 500x y 1000x. Debido a la naturaleza de las muestras no se realizó recubrimiento, cada muestra se puso sobre una cinta conductiva de carbono. adaptado de la metodología expuesta por Montoya et al., (2014); y Sánchez-Rivera et al., (2017).

2.14 Perfil de Textura (TPA)

El perfil de textura TPA se midió por triplicado mediante compresión de deformación con una sonda cilíndrica en un Texturometro TA-XT Plus Texture analyser para determinar las características de textura del producto horneado obtenido de la mezcla en polvo lista para preparar; apropiando el método, se registró el pico de dureza, fracturabilidad, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia, se trabajó con una tensión de 40% durante 5 s con una fuerza de 0.049N y 2 mm/s.

2.15 Color

Los parámetros de color se midieron utilizando la metodología de reflectancia con un colorímetro Color quest XE- Hunter lab- Easy MatchQC Ver 4.60 con sensor CQX3877, y se reportó en las coordenadas de espacio de color CIELAB (valores de L^ , a^* y b^*) en donde L^* representa la luminosidad, a^* la variación rojo-verde y b^* la variación del amarillo-azul. El ángulo de tono (h), el croma (C) y los cambios de color en superficie con el índice de blancura (IB) en rango de 0-100, se calcularon usando las ecuaciones 2-1 y 2-2, adaptando la metodología de Hernández Rendón & Blanco Gómez, (2015).*

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (0-11)$$

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (0-12)$$

$$IB = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{0.5} \quad (0-13)$$

2.16 Actividad de agua (a_w)

La actividad acuosa (a_w) se determinó utilizando un equipo HygroLab rotronic HC2 con sonda digital con escala de 0 a 1 a_w , con rango de temperatura de 5 – 50°C.

2.17 Isotermas de sorción

La relación entre la actividad del agua (a_w) y el contenido de humedad a una temperatura de 25 °C se determinó mediante la isoterma de sorción de humedad haciendo uso de un Analizador de sorción de vapor (VAS - Aqua Lab, Vapor sorption analyser), generador automático de isotermas con método de análisis gravimétrico y de actividad de isoterma de punto de rocío dinámico (DDI) con sorción dinámica de vapor. El software del equipo se programó con parámetros de porcentaje de humedad (bh) de la muestra previamente analizada por secado en horno, en un rango de inicio de 0.2 a_w y final de 0.95 a_w a 25°C a una resolución de a_w de 0.01 con un flujo de 80 ml/min.

Se pesó entre 700 a 900 mg de muestra en la cápsula metálica con la balanza de fuerza magnética de alta precisión del equipo, con esta misma balanza el equipo midió el contenido inicial de humedad y la actividad de agua la determinó con el sensor de punto de rocío de espejo frío patentado de Decagon. Una vez se activó la medición en el software, El equipo realizó un pre-test para llevar la muestra a 0.2 de a_w donde secó la muestra con un flujo de aire seco desde un tubo desecante a través de la muestra, una vez se estabilizado, inicio a humedecer la muestra y medir la actividad de agua y el contenido de humedad durante el proceso de humectación que duró entre 25 a 36 horas dependiendo de las características de la muestra evaluada.

Una vez terminada la medición, el equipo arroja datos de tiempo acumulativo (h), Actividad de agua, Potencial Hídrico (MPa), Peso (mg), Cambio de peso, Contenido de humedad (bs). El contenido de humedad se reporta en base seca (bs) y base húmeda (bh), para el reporte de datos se realizó una conversión a bh , teniendo en cuenta las ecuaciones 0-1, 0-13, 0-14 y 0-15.

$$\% \text{ Humedad (bh)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{peso inicial}} * 100 = \frac{\text{g agua}}{100\text{g total}} \quad (0-1)$$

$$\% \text{ Humedad (bs)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{\text{g agua}}{100\text{g solido}} \quad (0-14)$$

$$\% \text{ Humedad Base seca} = \frac{\% \text{ humedad base humeda}}{100 - \% \text{ humedad base humeda}} * 100 \quad (0-15)$$

$$\% \text{ Humedad base humeda} = \frac{\% \text{ humedad base seca}}{100 + \% \text{ humedad baseseca}} * 100 \quad (0-16)$$

Los resultados obtenidos se trabajaron con los modelos matemáticos de Brunauer-Emmett-Teller (BET) el más usado en los sistemas alimentarios, Guggenhejm-Andersen-de Boer (GAB) y Double Log Polynomial (DLP) acorde con los expuesto por (D.Andrade P. et al., 2011), teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

Modelo de BET

$$m = \frac{aw m_0 C}{(1-aw)[1+aw(c-1)]} \quad (0-17)$$

$$C = \exp \exp \frac{Q_s}{RT}$$

Donde:

m = Humedad g/100g sólidos

aw = actividad de agua

m_0 = Valor de la mono capa

Q_s = J/mole

R = 8,314 /J mol K (constante de gas)

$T(K)$ = temperatura

Modelo de GAB

$$m = \frac{m_0 K b C a w}{(1 - K b a w)(1 - K b a w + K b C a w)} \quad (0-18)$$

Donde:

m = Humedad g/100g sólidos

aw = actividad de agua

Kb = Constante en rango de 0,7 a 1

C = constante gen rango 1 a 2000

m_0 = contenido de humedad en la monocapa

Modelo DLP

$$m = b_3 X^3 + b_2 X^2 + b_1 X + b_0 \quad (0-19)$$

Donde:

m = Humedad g/100g sólidos

$X = \ln [-\ln(aw)]$

b_0, b_2, b_3 = Constantes empíricas

2.18 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó mediante una escala hedónica como se observa en la Tabla 1, evaluando atributos de apariencia, aroma color, sabor, textura para determinar la aceptabilidad por parte de un panel no entrenado conformado por 50 personas, se diseñó

un formato para la evaluación como se observa en el Anexo B con Formato de evaluación sensorial mezcla en polvo para productos horneados y Anexo C con Formato de evaluación sensorial mezcla en polvo para bebida caliente.

Tabla 1 Escala hedónica estructurada de nueve puntos utilizada*

<i>Escala</i>	<i>Puntuación</i>
<i>Me gusta extremadamente</i>	9
<i>Me gusta mucho</i>	8
<i>Me gusta moderadamente</i>	7
<i>Me gusta poco</i>	6
<i>Me es indiferente</i>	5
<i>Me disgusta</i>	4
<i>Me disgusta moderadamente</i>	3
<i>Me disgusta mucho</i>	2
<i>Me disgusta extremadamente</i>	1

*Para cada parámetro apariencia, aroma color, sabor, textura, aceptación general se aplicó esta misma escala

2.19 Vida Útil acelerada

El desempeño y la durabilidad de la mezcla en polvo para producto horneado se realizó empacando la mezcla en polvo bolsas flex up de papel de caña con lamina Pet metalizada y Polietileno de baja densidad (PEBD), con cierre hermético. Se compararon dos temperaturas de almacenamiento en una cámara climática marca DiEs con control de temperatura a 20 °C y humedad relativa de 65% y una cámara climática con control de temperatura a 37 °C marca Memmert. Se tomaron mediciones en los días 0, 15, 20 y 30 hasta que se notó deterioro del producto.

Para la mezcla en polvo se midió Actividad de agua (apartado 2.16) y Contenido de humedad (apartado 2.1) y color (apartado 2.15); seguido se preparó el producto y se evaluaron parámetros de Perfil de Textura (TPA) (apartado 2.14) y Color (apartado 2.15).

La transferencia de conocimientos se realizó a una comunidad que trabaja con cultivo de cacao, plátano y panela en el municipio de Vergara y Caparrapi, Cundinamarca, donde se realizó el proceso de obtención de licor de cacao, harina de plátano y diferentes mezclas de productos en polvo, lo cual promueve la diversificación de derivados de cacao y materias primas asociadas al cultivo. A continuación, se especifica la metodología de los análisis físicos y químicos realizados en las diferentes etapas del proyecto.

3. Capítulo II

Determinación de la composición proximal, características fisicoquímicas y las condiciones de procesamiento de la harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) para el desarrollo de las mezclas.

3.1 Resumen

*El presente capítulo muestra las condiciones de procesamiento de la harina de plátano (*Musa AAB Simmonds*) y licor de cacao (*Theobroma Cacao L.*) para el desarrollo de las mezclas y la caracterización proximal de estas; en el caso de la harina, se trabajó la variedad *Dominico Hartón* del municipio de Sasaima Cundinamarca; en la recepción se evaluó el color; luego fueron lavados, desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio a 150 ppm, posteriormente se pelaron y cortaron en rodajas con un espesor aproximado de 2 mm, estas se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 1% (p/v) durante 5 minutos, se escurren y colocaron en bandejas con mallas; se llevaron a secado a 40 °C durante 14 horas, se molieron y empacaron para su posterior uso y evaluación, la harina obtenida tuvo un rendimiento de 22,32% con una composición proximal de $8,92 \pm 0,91\%$ de humedad, $1,69 \pm 0,01\%$ de ceniza, $0,31 \pm 0,03$ de grasa, $2,57 \pm 0,07$ de proteína, 8,7 de fibra y $72,23 \pm 0,11$ de carbohidratos, presentó una actividad de agua de $0,44 \pm 0,02$. Las isotermas de adsorción presentaron un comportamiento sigmoideal tipo 2 y las micrografías mostraron una estructura ovoide.*

*En el caso del licor de cacao, se utilizaron granos de cacao (*Theobroma Cacao L.*) provenientes de las amazonas con calidad corriente acorde a los parámetros vigentes de Normativa Colombiana, con una humedad de $8,87 \pm 0,15\%$, en base húmeda, con un índice de grano de $1,69 \pm 0,003$. Luego, los granos de cacao se tostaron a una temperatura de 120°C durante 40 minutos en una tostadora de tambor rotatorio, se enfriaron y pasaron por la descascarilladora, seguido a esto, los nibs de cacao se pasaron a molienda, el licor de cacao resultante se moldeo y se dejó enfriar, por último, se pasó por el rallador, se empacó para luego ser utilizado en las mezclas; la composición proximal del licor de cacao fue de $3,71 \pm 0,33\%$ de humedad, $3,45 \pm 0,03\%$ de ceniza, $53,56 \pm 1,96$ de grasa, $13,48 \pm 0,27$ de proteína, $28,33 \pm 0,23$ de fibra y 3,4 de azúcares totales, presentó una actividad de agua de $0,50 \pm 0,01$. Las isotermas de adsorción presentaron un comportamiento sigmoideal tipo 2, las micrografías mostraron una superficie amorfa con hendiduras propias. Sumado a esto se caracterizó la panela granulada la cual presento $3,51 \pm 0,08\%$ de*

humedad, $1,00 \pm 0,02\%$ de ceniza, $0,10 \pm 0,03$ de grasa, $0,38 \pm 0,01$ de proteína, $83,5 \%$ de azúcares totales, presenta una actividad de agua de $0,49 \pm 0,01$.

3.2 Introducción

El sector agrícola es de suma importancia debido a que puede garantizar la sostenibilidad a través de la transformación de los productos hortofrutícolas para aumentar el desarrollo rural con la generación de alimentos que aporten nutrientes a la comunidad y también como opción de alimentación para personas intolerantes a ciertos componentes como el gluten. En el caso de este estudio se trabajaron con dos materias primas de la región como el cacao y el plátano.

En el caso del cultivo de cacao en Colombia ha venido aumentando y representa un papel notable en la economía de las familias agricultoras, su producción se realiza con sistemas agroforestales en combinación con el cultivo de plátano, lo que a su vez permite aumentar los ingresos económicos, y conlleva a darle valor a la cadena de valor cacao-chocolate FAO (2017); en 2016 Colombia fue el décimo productor de cacao en grano a nivel mundial con 53 mil toneladas anuales, de las cuales exportaron 11.220 toneladas y para el 2017 la producción aumentó a 60535 ton año, de las cuales Cundinamarca ocupó el séptimo puesto con 2115 toneladas (3,49%), antecedida por Santander (30,86%), Antioquia (8,93%), Arauca (8,32%), Huila (7,97%), Tolima (7,58%) y Nariño (4,74%) (FEDECACAO, 2017).

El proceso de producción de licor de cacao se inicia con la cosecha de las mazorcas de cacao, seguido de la fermentación de los granos y posterior secado, una vez están en el porcentaje ideal de humedad del 6 al 8 %, se evalúa la calidad y pasan al proceso de tueste entre 110 a 140°C entre 20 minutos a 120 minutos, los granos tostados se descascarillan y los Nibs de cacao se muelen obteniendo el licor o masa de cacao que contiene sólidos y manteca de cacao, es fuente de grasa, fibra, carbohidratos, proteínas, flavonoides; comúnmente principalmente tiene aplicaciones en la industria del chocolate y se emplea como ingrediente en otros productos (Achaw & Danso-Boateng, 2021).

A su vez, el plátano, es un fruto comestible del género musa cultivado en zonas tropicales con alta humedad; en este estudio se utilizó la variedad Hartón (Musa AAB Simmonds), es rico en carbohidratos, minerales (potasio, magnesio), ácido fólico, vitaminas, proteína, fibra del tipo fruto-oligosacáridos; es un producto de gran importancia en la dieta alimentaria (Onwuka & Onwuka, 2005; Ruiz & Soriano, 2014). Para el 2019, en Colombia la producción de plátano ha llegado 4.8 millones de toneladas de un área sembrada de aproximadamente 536.443 Hectareas sembradas, siendo Arauca el departamento con mayor producción (Min agricultura 2020), en 2017 el departamento de Cundinamarca tenía 12.000 hectáreas sembradas; el cual es comercializado principalmente en fresco en racimos o a granel. Del plátano (Musa AAB Simmonds) se obtiene una harina rica en carbohidratos, proteína, fibra del tipo fruto-oligosacáridos, nutrientes como potasio, el magnesio y ácido fólico; es un producto de gran importancia en la dieta alimentaria, junto con las raíces y tubérculos, aportan cerca del 40% del total de la oferta de alimentos en términos de calorías (Ruiz & Soriano, 2014).

En consecuencia, de estas dos materias primas se obtienen productos como el licor de cacao y la harina de plátano que constituyen una importante fuente de diferentes compuestos fitoquímicos que pueden aprovecharse en distintas áreas desde un punto de vista tecnológico, o como ingredientes alimentarios directos o en forma de polvo, productos con potencial comercial por sí solos o como base para otros alimentos, bebidas, pudines, sopas, horneados o salsas ya que tienen alto grado de aceptabilidad y estabilidad del producto durante el almacenamiento por lo tanto, obtener productos en polvo listos para preparar se convierte en una alternativa y reto para la industria (Onwuka & Onwuka, 2005; Rifna et al., 2019; Ukhun & Ukpebor, 1991).

El presente capítulo muestra el proceso seleccionado de obtención de harina de plátano y licor de cacao con su caracterización física y química, para su posterior utilización en producción de otros productos como mezclas listas para producción de productos horneados tipo brownie, mufiins y bebidas tipo achocolatadas o coladas.

3.3 Metodología

Para la obtención de licor de cacao y harina de plátano se realizó la consecución de la materia prima, se establecieron los parámetros de proceso y posteriormente se realizó la medición de variables físicas y químicas como se menciona a continuación:

3.3.1 Condiciones de procesamiento de Materia prima

La obtención del licor de cacao se llevó a cabo en las instalaciones del servicio nacional de aprendizaje subsede Pacho, Cundinamarca y la harina de plátano se procesó en la planta piloto de vegetales de la universidad nacional donde se establecieron las condiciones de procesamiento.

3.3.1.1 Granos de cacao

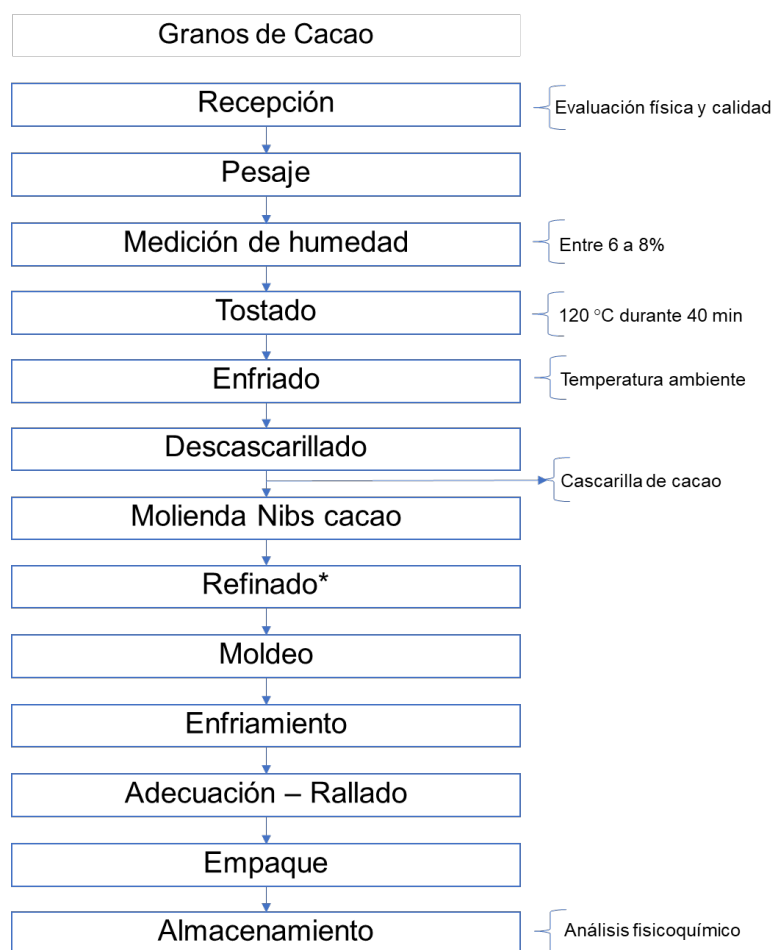
Se utilizaron granos de cacao (Theobroma Cacao L.) provenientes de las amazonas, se les realizó medición de humedad con un medidor de humedad de granos portátil Coffee Pro-Mac, se efectuó la evaluación de índice de grano con la ecuación (0-10) acorde a la metodología de la NTC 1252 (ICONTEC, 2021), donde se seleccionaron, pesaron en balanza analítica y midieron 100 granos con un Vernier o Pie de rey digital Caliper INSIZE, rango de 0 a 300 mm resolución 0.01 mm, posterior se realizó prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación con una Guillotina o magra 14 de 50 granos Marca Teserba B.Matthaei.

$$\text{Índice de grano} = \frac{\text{Peso total de 100 granos de cacao}}{100} \quad (0-20)$$

3.3.1.2 Licor de Cacao

*Para la obtención del licor de cacao se utilizaron granos de cacao (*Theobroma Cacao L.*) variedad CCN 51 provenientes de las amazonas, Se le realizó evaluación de calidad al grano con prueba de tamaño, prueba de corte para saber el porcentaje de fermentación. Luego se tostaron los granos de cacao a una temperatura de 120°C durante 40 minutos en una tostadora de tambor rotatorio a gas, con tablero de control de temperatura y vasca de enfriamiento de fabricación colombiana, adaptando la metodología acorde con los parámetros recomendados por (Achaw & Danso-Boateng, 2021), teniendo en cuenta la recomendación de no exceder a 160°C donde se produce un sobre tostado lo que generaría defectos de calidad; los granos tostados se enfriaron y pasaron por la descascarilladora de cacao con flujo de aire de fabricación colombiana, los nibs de cacao se pasaron por el molido de disco con tornillo sin fin de fabricación colombiana IMASP, el licor de cacao resultante se moldeó y se dejó enfriar, por último, se pasó por el rallador, empaco para luego ser utilizado en las mezclas según **Figura 3** del esquema tecnológico establecido para la obtención de licor de cacao.*

Figura 3 Esquema tecnológico para obtención de licor de cacao



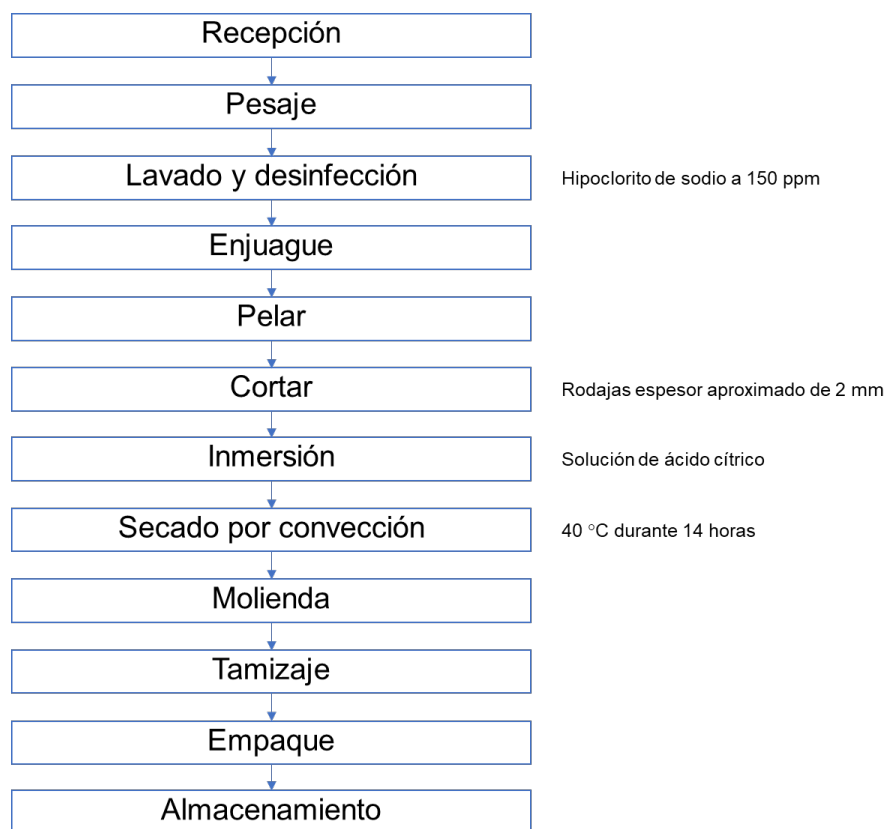
Fuente: Autor

3.3.1.3 Harina de plátano

Para la obtención de la harina de plátano se trabajó con la variedad *Dominico Hartón* (*Musa AAB Simmonds*) suministrada por la finca el Darién ubicada en el municipio de Sasaima Cundinamarca; los racimos fueron seleccionados, cosechados y llevados a la

planta de vegetales del ICTA; se pesaron en una báscula BBG – idustry20, se evaluó el color en un Espectrocolorímetro Color quest XE- Hunter lab- Easy MatchQC Ver 4.60. sensor CQX3877; luego fueron lavados y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio a 150 ppm, posterior a enjuagar se procedió a pelar y cortar con un procesador de vegetales SamMic – CITalsa con cuchilla para corte en rodajas con un espesor aproximado de 2 mm, estas se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 1% (p/v) durante 5 minutos, se escurren y colocaron en bandejas con mallas; se llevaron a un deshidratador de convección con aire caliente marca Chisholm – Ryder a 40 °C durante 14 horas, se molieron en un Macro molino tipo Wiley TE 650/1 Marca TECNAL con malla MESH 20 en Cámara de molienda con 4 cuchillos regulables en acero; en cada etapa se realizaron pesos con una Balanza Sartorius, con 1 cifra decimal. adaptado según las metodologías de (Abioye et al., 2011; Akubor et al., 2004; Alvarado & Peñafiel, 2022; Barreto Hernández et al., 2015; Honfo et al., 2022; Mepba et al., 2007; Onwuka & Onwuka, 2005; Salvador et al., 2017; Venegas et al., 2022) cómo se observa en la Figura 4 del esquema tecnológico establecido para la obtención de harina de plátano.

Figura 4 Esquema tecnológico para obtención de harina de plátano



Fuente: Autor

3.3.1.4 *Panela*

Como edulcorante de las mezclas se utilizó panela granulada, procedente del municipio de Nocaima Cundinamarca, esta fue caracterizada por su porcentaje usado en las formulaciones y puede influir en el comportamiento de las premezclas.

3.3.2 *Caracterización fisicoquímica de las materias primas*

La harina de plátano y el licor de cacao obtenidos y la panela se caracterizaron siguiendo los protocolos descritos en la sección 2 de metodología: Contenido de humedad (apartado 2.1), Proteína (apartado 2.2), Grasa (apartado 2.3), Cenizas (apartado 2.4), Fibra dietaria total (apartado 2.5), Carbohidratos (apartado 2.6), Azúcares reductores y azúcares Totales

(apartado 2.7), Sulfitos para panela (apartado 2.8), Tamaño de partícula (apartado 2.9), Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (SEM) (apartado 2.13), Color (apartado 2.15), Actividad de agua (aw) (apartado 2.16), Isotermas de sorción (apartado 2.17).

Los análisis se realizaron al menos por triplicado, y los datos fueron reportados como la media \pm desviaciones estándar. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba comparativa de Tukey se llevaron a cabo utilizando un nivel de confianza del 95% confianza ($P \leq 0,05$) ($n=3$) siguiendo la metodología de Reis Filho et al., 2018). El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVIII (versión 18.1.12).

3.4 Resultados y análisis

3.4.1 Granos de cacao

Los granos de cacao utilizados para este proyecto provenientes de las amazonas con una humedad de $8,87 \pm 0,15\%$, presentaron un tamaño normal con un recuento de granos de 73 ± 2 en cada 100 gramos de granos acorde a la NTC 1252 (ICONTEC, 2021). En la Figura 5 se observan los granos de cacao utilizados para la evaluación de peso y tamaño.

Figura 5 Imagen de Granos de cacao utilizados para peso y tamaño



Fuente: Autor

*De los 100 granos seleccionados se obtuvo un peso de $168,90 \pm 0,28$ gramos, aplicando la ecuación (0-1) se obtuvo un índice de grano de $1,69 \pm 0,003$, el tamaño (longitud, ancho, alto) se mencionan en la **Tabla 2** Peso y tamaño de 100 granos de cacao.*

Tabla 2 *Peso y tamaño de 100 granos de cacao*

Parámetro	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Ancho (cm)
Grano de cacao	$1,692 \pm 0,277$	$2,552 \pm 0,260$	$0,957 \pm 0,124$	$1,394 \pm 0,139$

En la prueba de corte de calidad se utilizó una guillotina, se realizó un corte longitudinal en la parte central de 100 granos de cacaos como se observa en la figura 6.

Figura 6 *Imagen de prueba de corte con guillotina de granos fermentados y secos*



Fuente: Autor

Se evaluaron visualmente según los parámetros establecidos en la NTC 1252 de 2021, se obtuvo un cacao de calidad corriente como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3 Resultados de prueba de corte para granos de cacao fermentados y secos

Parámetro	Cantidad
Granos bien fermentados (%)	41%
Granos insuficientemente fermentados	24%
Granos Violetas	32%
Grano sin fermentar (Pizarroso) %	3%
Contenido de humedad (%)	7,78 ± 0,48
Peso de 100 granos (g)	168,90 ± 0,28

3.4.2 Licor de cacao

Luego de la evaluación física, los granos de cacao con humedad del $7,78 \pm 0,48 \%$ se tostaron a 120°C por 40 minutos en una tostadora de tambor rotatorio con una merma de tostión de 8,25%, seguido a esto en la vasca de enfriamiento los granos se llevaron a temperatura ambiente, seguido a esto se descascarillaron obteniendo una merma de 29.15%; los nibs de cacao se molieron obteniendo una merma 15.38% como se observa en la Figura 7.

Figura 7 Imagen del proceso de obtención de licor de cacao



Fuente: Autor

3.4.2.1 Caracterización fisicoquímica

Los resultados de la evaluación fisicoquímica licor de cacao obtenido se observan en la Tabla 4, se observa valores de humedad, proteína y ceniza similares a los reportados por Lares et al., (2012), del contenido de grasa obtenido $53,56 \pm 1,96$ % presentó valores muy similares a los reportados por Riaño et al., (2016) de 55,92 % de grasa total promedio de 41 muestras de cacao colombiano.

Tabla 4 Propiedades fisicoquímicas del licor de cacao en polvo

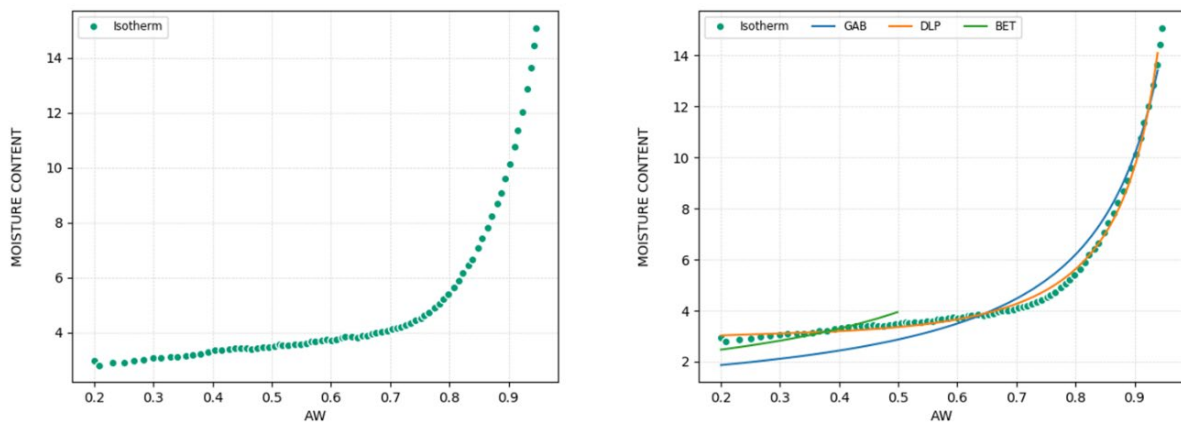
Propiedad fisicoquímica	Valor
Humedad (%)	$3,71 \pm 0,33$
Cenizas (%)	$3,45 \pm 0,03$
Grasa (%)	$53,56 \pm 1,96$
Proteína (%)	$13,48 \pm 0,27$
Fibra (%)	$28,33 \pm 0,23$
Azúcares totales (%)	3,4
Actividad de agua (a_w)	$0,50 \pm 0,01$ α $22,79 \pm 0,08$ °C
Coordenadas de color	L $55,53 \pm 1,01$ a* $8,68 \pm 0,27$ b* $10,92 \pm 0,26$ h $51,52 \pm 1,01$ C $13,95 \pm 0,28$ IB $53,39 \pm 0,97$

3.4.2.2 Isotermas de sorción licor de cacao

Se realizó la isoterma de sorción que muestra la relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua de un producto en este caso del licor de cacao en polvo, el cual presentó una humedad inicial de $3,71 \pm 0,33$ en base húmeda y una actividad de agua de $0,50 \pm 0,01$ a una temperatura de 25°C, con el equipo utilizado la muestra se llevó a 0,2

de actividad de agua hasta 0,95 y se ajustaron con los modelos de GAB, BET y DLP los cuales se adaptan mejor a los datos experimentales obtenidos por el sensor del equipo utilizado ya que presentaron coeficientes de regresión de $R=0,965$; $R=0,946$ y $R=0,996$ respectivamente, siendo el modelo DLP el que más se ajustó a esta medición, en la Figura 8 se puede observar que se obtuvo una isoterma sigmoïdal de adsorción tipo 2 (D.Andrade P. et al., 2011), que es frecuente en alimentos que absorben cantidades de agua relativamente pequeñas a bajas actividades de agua y su adsorción de agua aumenta significativamente a valores altos de humedad relativa., este comportamiento coincide con el reportado por Sandoval et al., (2022) para cacao en polvo venezolano.

Figura 8 a. Isotherma de sorción de licor de cacao en polvo a 25°C con datos experimentales; b. Ajuste de la isoterma de sorción de licor de cacao con modelos BET, DLP y GAB



Fuente: Autor

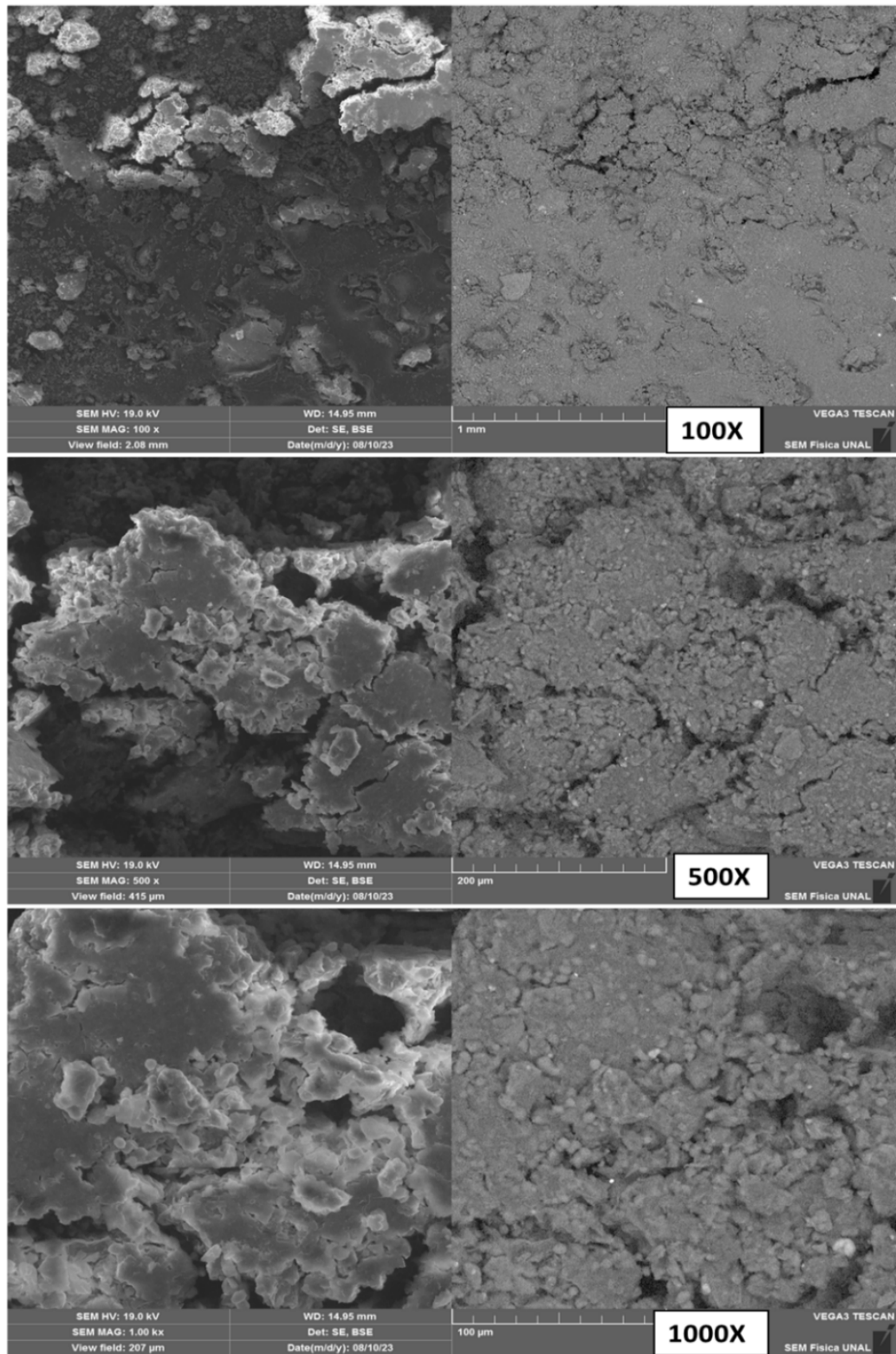
3.4.2.3 Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El análisis de superficie y estructura para el licor de cacao en polvo se realizó mediante la técnica de observación de microscopía electrónica de barrido (SEM) para determinar la morfología en aumentos de 100X, 500X y 1000X, se evidencia una superficie amorfa

(Figura 9) como la reportada por Vargas Mamani et al., (2019) y una característica de partículas más o menos agregadas como lo reporta Martínez, (2016) para polvo de cacao alcalino suave y fuerte con una magnificación de 500X y 5000X a su vez se observan hendiduras propias del proceso de ruptura del grano en la etapa de molturación como las menciona Montoya et al., (2014b).

Para el caso de chocolate amargo la distribución es uniforme con partículas cercanas una de las otras debido al proceso de conchado que proporciona partículas sólidas bien mezcladas con la grasa de cacao, ya que recubre las partículas sólidas, adicional la matriz presentó huecos y poros como lo reporta Fibrianto et al., (2021), estructura similar a la encontrada en este estudio, donde se observan poros pronunciados y huecos debido a que la materia prima no fue sometida a proceso de refinado, lo que hace que las partículas sólidas no estén recubiertas por la manteca de cacao, sin embargo para efectos de este producto en polvo no influye en la características de calidad ya que el licor de cacao en polvo se mezcla junto con otros ingredientes en polvo. Por otro lado Afoakwa et al., (2009) encontró una microestructura cristalina con distribución espacial uniforme formando una red cristalina densa bien definida y otras mal definidas lo que coincide con la estructura no definida del licor de cacao sin refinar.

Figura 9 *Imagen análisis microestructural del licor de cacao a 100X, 500X y 1000X*



Fuente: Autor

3.4.3 Harina de plátano

Los plátanos verdes utilizados para la obtención de harina fueron pesados, lavados, desinfectados, pelados, tajados en rodajas de aproximadamente 2 mm; se evaluó color notando que los plátanos presentaron un estado de maduración verde oscuro intenso y uniforme (Cayon et al., 2000), el porcentaje de cascara fue de $43,03 \pm 0,16\%$, la cantidad de pulpa fue de $56,97 \pm 0,16$, (Tabla 5), se observa valores similares reportados por Montoya López, (2020) de 57,7 a 60,3 % de pulpa y con índices de blancura menores a los reportados para almidón de plátano lo que indica que muestran tendencia más cercana al amarillo que puede ser atribuido a compuestos antioxidantes como vitaminas del complejo B o minerales como el hierro. En la **Figura 10** se muestra el proceso de obtención de la harina.

Tabla 5 Porcentajes de rendimiento de pulpa y cáscara de plátano verde

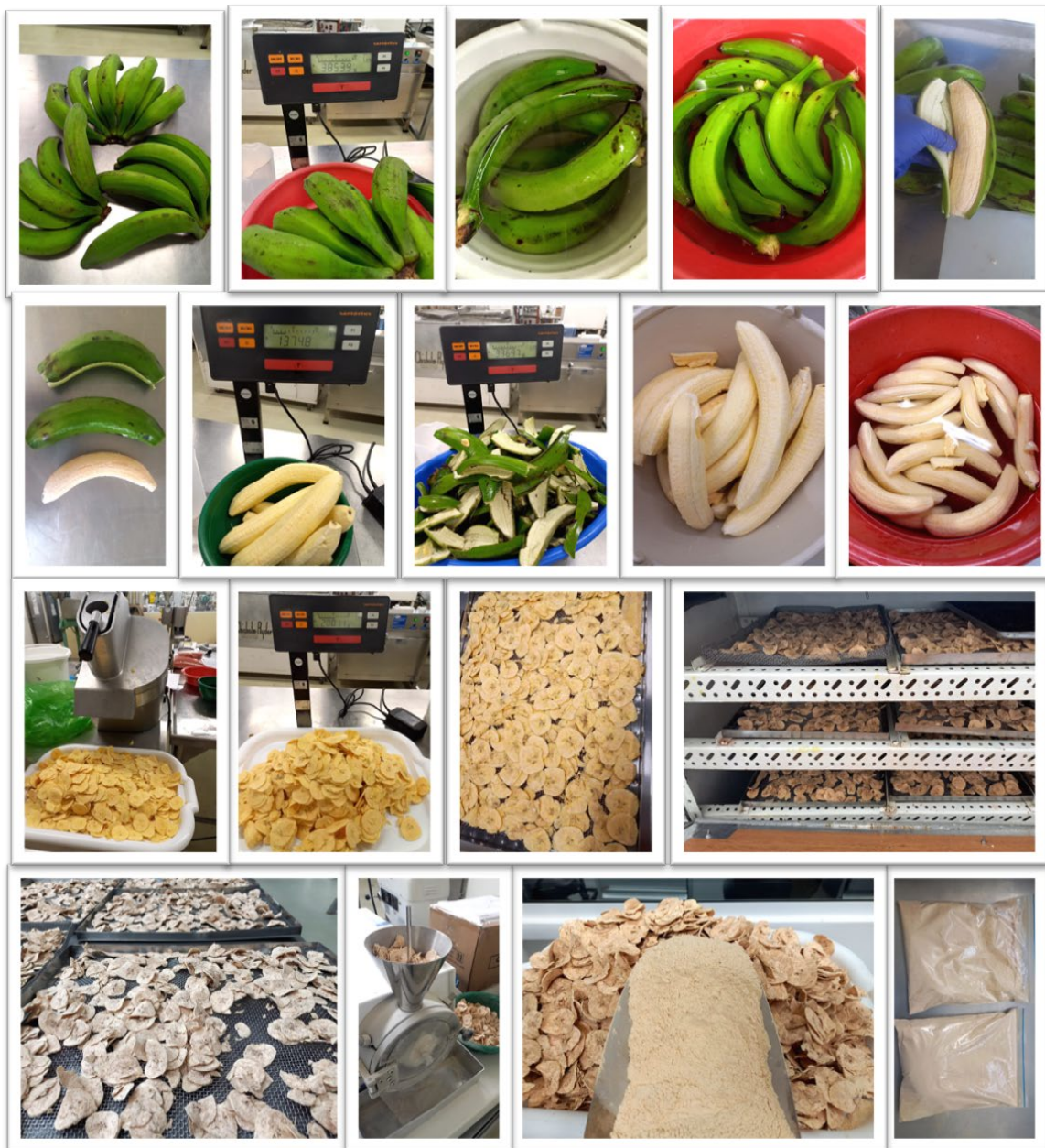
Producto	Valor
Cáscara (%)	$43,03 \pm 0,16$
Pulpa de plátano (%)	$56,97 \pm 0,16$
Coordenadas de color	L $46,65 \pm 2,51$ a* $-8,91 \pm 0,61$ b* $28,04 \pm 3,60$ h $-72,23 \pm 1,98$ C $29,44 \pm 3,50$ IB $38,96 \pm 0,86$

Las rodajas de plátano se ubicaron en las bandejas y se llevaron a deshidratación por aire caliente a 40°C durante 14 horas, se obtuvo una merma de secado de $31,12 \pm 0,31\%$, de un rendimiento de harina de $22,32 \pm 1,32$ con una humedad del 8.92% como se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6 Porcentajes de rendimiento de harina y cáscara de plátano verde

Producto	Valor
<i>Cáscara (%)</i>	$43,03 \pm 0,16$
<i>Merma de secado (%)</i>	$31,82 \pm 0,31$
<i>Harina de plátano (%)</i>	$22,32 \pm 1,32$
<i>Merma de molienda (%)</i>	$2,83 \pm 1,78$

Figura 10 Imágenes del proceso de obtención de harina de plátano



Fuente: Autor

3.4.3.1 Caracterización fisicoquímica

De la evaluación proximal de la harina de plátano se obtuvo un producto con un $8,92 \pm 0,91\%$ de humedad, $1,69 \pm 0,01\%$ de ceniza, $0,31 \pm 0,03$ de grasa, $2,57 \pm 0,07$ de proteína, 8,7 de fibra y $72,23 \pm 0,11$ de carbohidratos, presentó una actividad de agua de $0,44 \pm 0,02$ como se muestra en la Tabla 7. Gutiérrez et al., (2014), reportó valores cercanos a en cuanto a cenizas (1,64%), grasa (0,36%), proteína (2,66%) para harina de plátano peruano *Musa paradisiaca* L obtenida a 35°C de secado y mostró diferencias altas en el contenido de fibra (1,71%), carbohidratos (85,94%) y humedad (9,4%); estas variaciones dependen del grado de maduración, de la variedad, de los parámetros de obtención.

Tabla 7 Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano obtenida

Propiedad fisicoquímica	Valor
Humedad (%)	$8,92 \pm 0,91$
Cenizas (%)	$1,69 \pm 0,01$
Grasa (%)	$0,31 \pm 0,03$
Proteína (%)	$2,57 \pm 0,07$
Fibra (%)	8,7
Azúcares totales	6,1
Carbohidratos (%) por diferencia	$72,23 \pm 0,11$
Actividad de agua (a_w)	$0,44 \pm 0,02$ a $22,91 \pm 0,50$ °C
Coordenadas de color	L $85,36 \pm 1,24$ a^* $2,19 \pm 0,21$ b^* $11,81 \pm 3,91$ h $78,72 \pm 3,07$ C $12,03 \pm 3,86$ IB $80,89 \pm 3,02$

En la tabla 8 se observa el tamaño de partícula de la harina obtenida arrojó que el 60,33% es un polvo fino, el 39,67% estuvo retenido en las mallas (20, 30, 40, 60, 80 y 100), para

efectos de las mezclas en polvo se realizó una segunda molienda los cual favorece la presentación en polvo de las mezclas y la dispersión en agua.

Tabla 8 Tamaño de partícula de la harina obtenida

Número de tamiz	Apertura de malla (mm)	Peso Retenido (g)	% Retención	% Retención acumulada
20	0,84	10,80 ± 0,53	10,80	10,80
30	0,60	7,33 ± 1,10	7,33	18,13
40	0,43	4,53 ± 0,46	4,53	22,67
60	0,25	10,40 ± 0,20	10,40	33,07
80	0,18	3,93 ± 0,23	3,93	37,00
100	0,15	2,67 ± 0,12	2,67	39,67
FINOS	0	60,33 ± 1,70	60,33	100,00

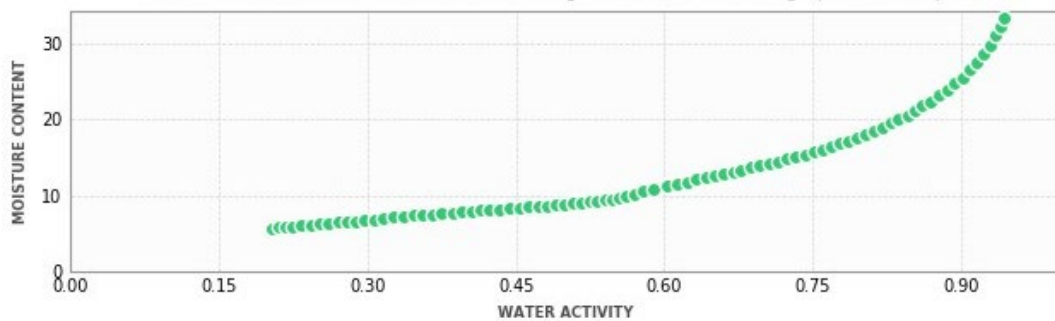
3.4.3.2 Isotermas de sorción

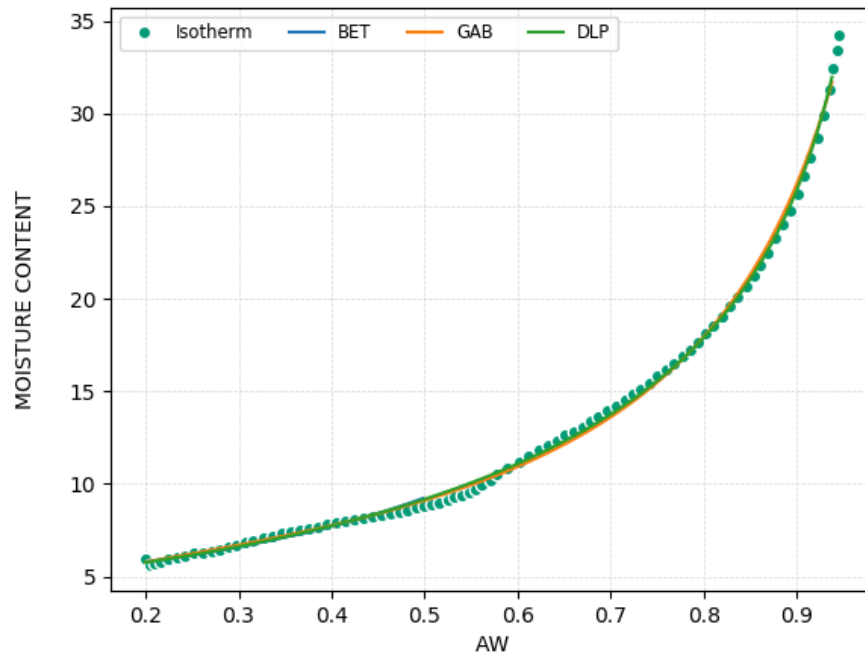
Se realizó la isoterma de sorción que muestra la relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua de un producto en este caso para la harina de Plátano obtenida, el cual presentó una humedad inicial de $8,92 \pm 0,91$ en base húmeda y una actividad de agua de $0,44 \pm 0,02$ a una temperatura de 25°C , con el equipo utilizado la muestra se llevó a 0,2 de actividad de agua hasta 0,95 y se ajustaron con los modelos de GAB, BET y DLP los cuales se adaptan mejor a los datos experimentales obtenidos por el sensor del equipo utilizado ya que presentaron coeficientes de regresión de $R=0,998$; $R=0,974$ y $R=0,999$ respectivamente, siendo los modelos DLP y GAB el que más se ajustó a este medición, en la Figura 11 se puede observar que se obtuvo una isoterma sigmoideal de adsorción tipo 2, comportamientos característicos de productos solubles con una tendencia asintótica a medida que la actividad de agua se acerca a 1, adicional presentan un punto de inflexión a valores bajos de actividad de agua (D.Andrade P. et al., 2011), notando que en una actividad de agua de 0,58 la harina inicia a absorber humedad a mayor velocidad, debido a inicia que es frecuente en alimentos en polvo con tamaño de partícula fina que absorben

cantidades de agua relativamente pequeñas a bajas actividades de agua y su adsorción de agua aumenta significativamente a valores altos de humedad relativa, este comportamiento de alimentos con alto contenido de almidón coincide con el reportado por Ayala-Aponte & Clave, (2011) para harina de yuca. Se determinó el valor de la monocapa con las ecuaciones de BET (Brunauer-Emmett-Teller, 1938) y GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer, 1984), cuyos valores se ubicaron entre 4,622 y 5.553 g de H₂O/g de sólido.

Torrealba (2007) citado por (Gutiérrez et al., 2014) encontró el valor de la monocapa con el modelo de BET para harina de plátano verde precocida con humedad de 9,4% cuyos valores se ubicaron entre 0,0243 y 0,0033 g de H₂O/g de sólido a temperaturas de 20, 25, 30 y 35 °C. Por otro lado Gutiérrez et al., (2014), obtuvieron una curva tipo 2 sigmoidal debido al alto contenido de carbohidratos de la muestra, adicional el modelo de GAB se ajustó mejor a los parámetros medidos obteniendo valores en la monocapa de $X_m = 0.1351-0.0819$ g agua/g m.s.

Figura11 Isotherma de sorción de harina de plátano y ajustes con modelos GAB, BET y DLP

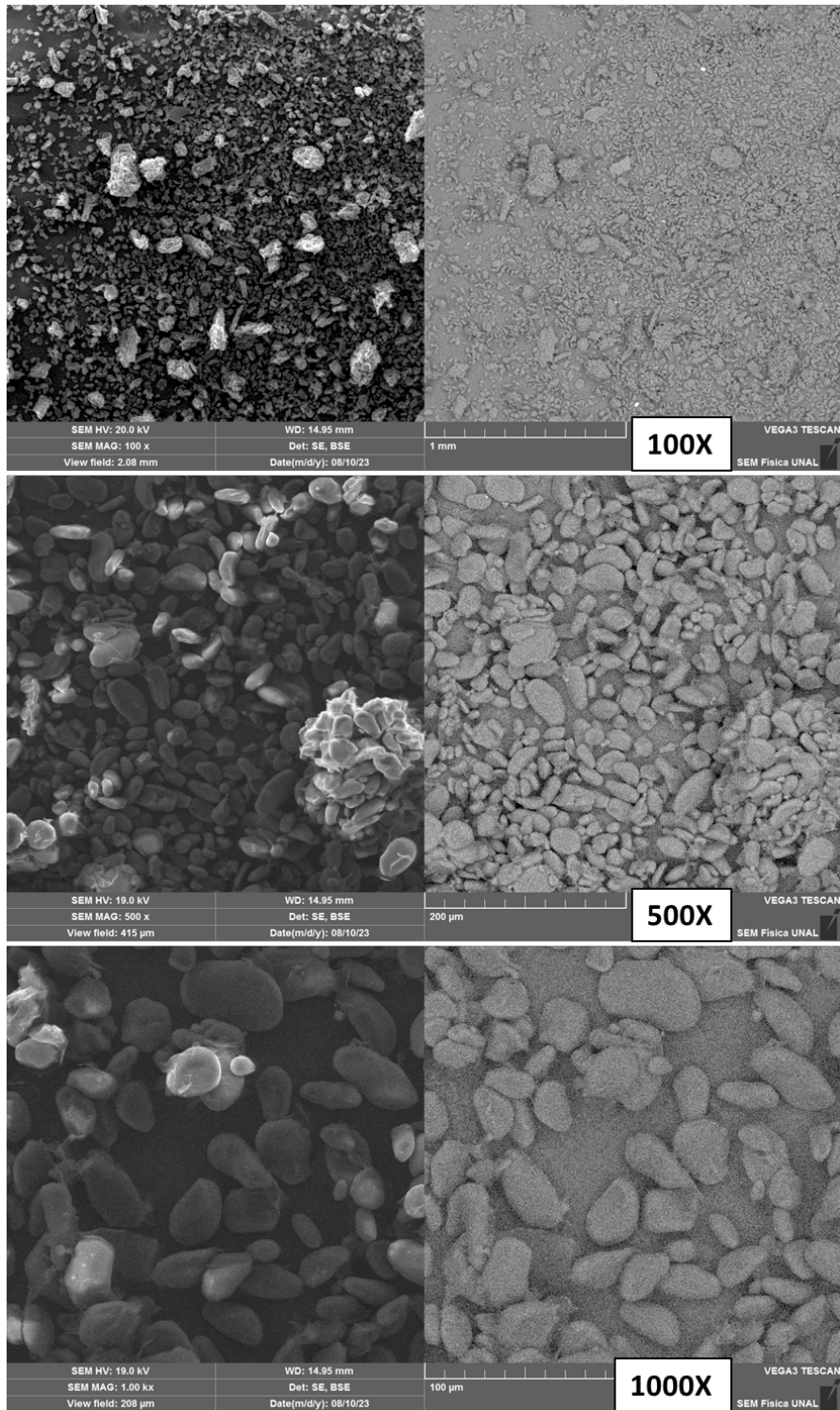




3.4.3.3 Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El análisis de superficie y estructura para la harina de plátano se realizó mediante la técnica de observación de microscopía electrónica de barrido (SEM) para determinar la morfología en aumentos de 100X, 500X y 1000X, en la Figura 12, se observa que los gránulos tienen una forma ovoide con una superficie lisa que coincide con la encontrada con Sánchez-Rivera et al., (2017). A su vez, Sosa, (2011) encontró una estructura muy íntegra y muy variada conformada por capas concéntricas de amilosa y amilopectina para plátano Hartón evaluado con luz polarizada y no polarizada, adicional encontraron formas circulares, poliédricas, irregulares y ovaladas con tamaño de grano en un rango de 17,14 a 35,67 μm para harina de plátano hartón sin cocción. Montoya et al., (2014b); y Montoya López, (2020) evaluaron harina de plátano Hartón donde reportaron formas redondeadas en los gránulos de almidón pequeños y formas elípticas para gránulos grandes.

Figura 12 Análisis microestructural de harina de plátano Hartón a 100X, 500X y 1000X



Fuente: Autor

3.4.4 Panela

Para la elaboración de la mezclas en polvo se utilizó panela granulada como edulcorante proveniente de Nocaima Cundinamarca, a la cual se le realizó una caracterización fisicoquímica obteniendo que el producto venía con una humedad de 3,51% con una actividad de agua de 0,5.

3.4.4.1 Caracterización fisicoquímica

La panela granulada presento un $3,51 \pm 0,08$ de humedad, $1,00 \pm 0,02$ de ceniza, $0,10 \pm 0,03$ de grasa, $0,38 \pm 0,01$ de proteína, y 83,5 de Carbohidratos, presento una actividad de agua de $0,49 \pm 0,01$ como se muestra en la Tabla 9, a su vez presento un índice de blancura de 56,65 lo que indica que esta hacia los tonos amarillos más oscuros.

Tabla 9 Propiedades fisicoquímicas de panela granulada

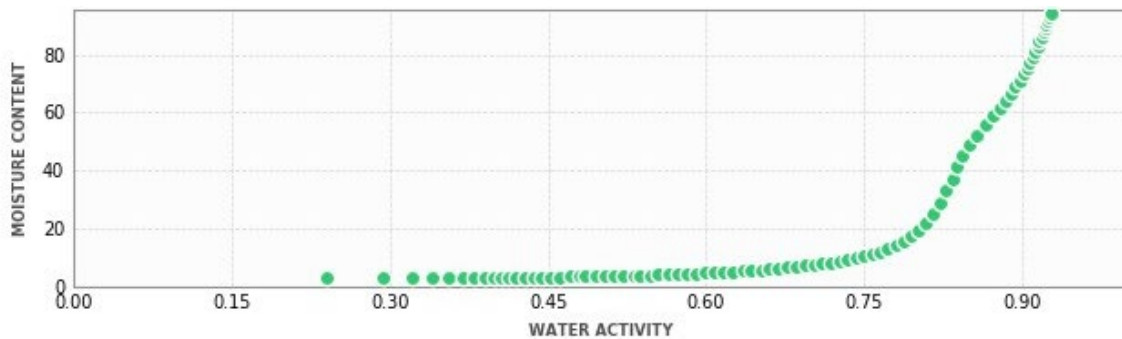
Propiedad fisicoquímica	Valor
Humedad (%)	$3,51 \pm 0,08$
Cenizas (%)	$1,00 \pm 0,02$
Grasa (%)	$0,10 \pm 0,03$
Proteína (%)	$0,38 \pm 0,01$
Azucares totales (%)	83,5
Azucares reductores (%)	
Sulfitos	Negativo
Actividad de agua (a_w)	$0,49 \pm 0,01$ a $22,79 \pm 0,08$ °C

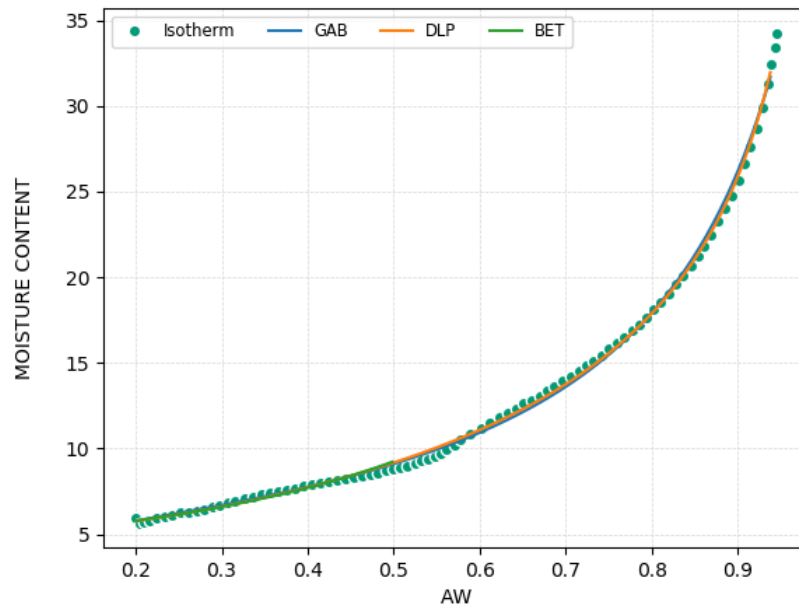
<i>Coordenadas de color</i>	<i>L</i> $66,64 \pm 0,21$
	<i>a*</i> $8,18 \pm 0,10$
	<i>b*</i> $26,45 \pm 0,56$
	<i>h</i> $72,81 \pm 0,27$
	<i>C</i> $27,68 \pm 0,56$
	<i>IB</i> $56,65 \pm 0,28$

3.4.4.2 Isotermas de sorción

Se determinaron las isotermas de sorción de humedad en panela granulada evaluando el comportamiento a una, en un rango de 0,20 a 095 como se observa en la Figura 13 *Isoterma de sorción de panela granulada*. Los datos experimentales de actividad de agua y contenido de humedad se ajustaron a las ecuaciones propuestas en los modelos de BET, GAP y DLP para isotermas de sorción; el primero presentó un coeficiente de determinación de 0,931; en el segundo 0,925 y en el tercero 0,957, para la temperatura. Se determinó el valor de la monocapa con las ecuaciones de BET (Brunauer-Emmett-Teller, 1938) y GAB (GuggenheimAnderson-de Boer, 1984), cuyos valores se ubicaron entre 1,656 y 2,011 g de H2O/g de sólido.

Figura 13 Isoterma de sorción de panela granulada

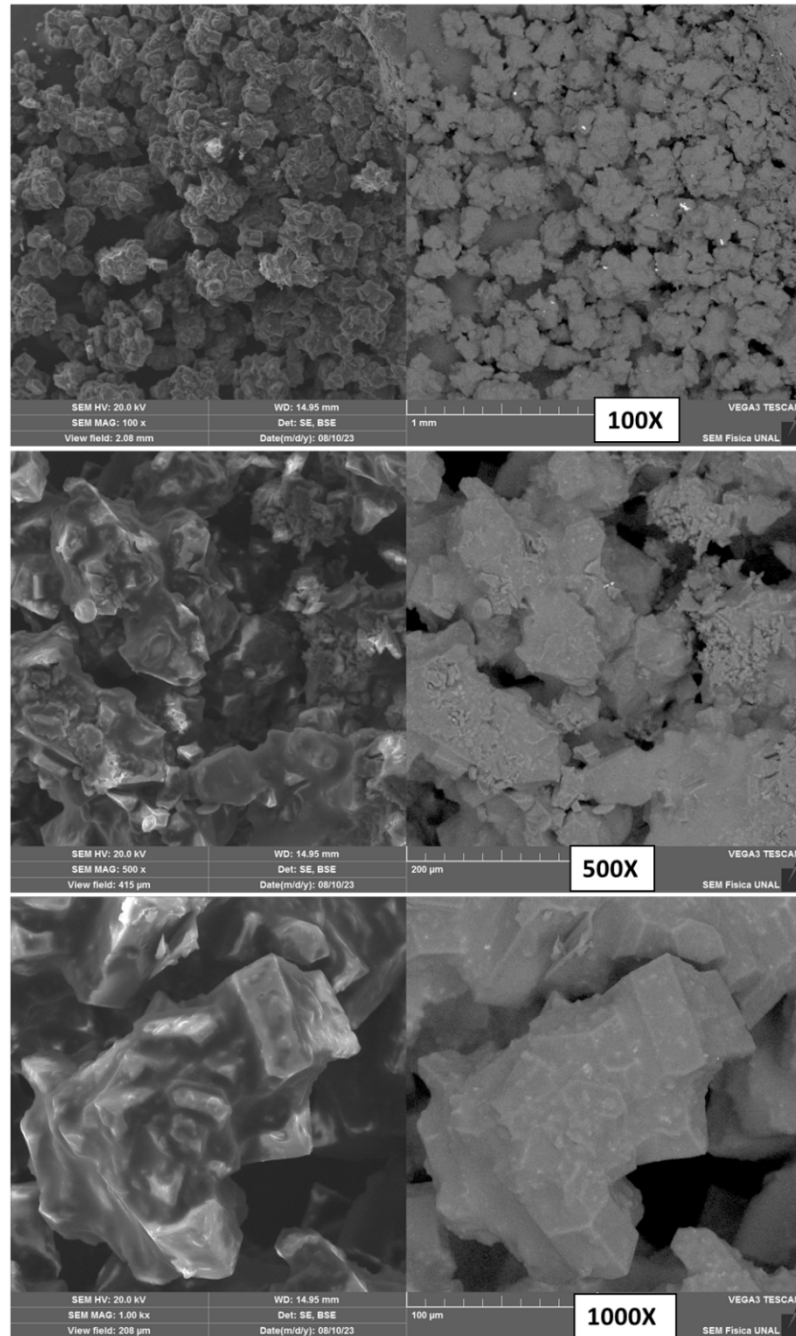




3.4.4.3 Análisis morfológico Microscopia electrónica de barrido (SEM)

La panela es un edulcorante natural que se obtiene concentrando jugo de caña de azúcar, la panela granulada utilizada mostró una microestructura granulosa, con formación de cristales poliformes como se observa en la Figura 14, lo que difiere con la evaluación realizada por Acurio, (2010) que encontró que la panela granulada mostraba partículas pequeñas ovoides largas y esféricas sin ser sometidas a almacenamiento, que fueron cambiando significativamente durante el almacenamiento ya que se presentó fragmentación de las partículas, debido al incremento de la actividad del agua y su interacción con los componentes de la muestra.

Figura 14 Imagen análisis microestructural de panela granulada a 100X, 500X y 1000X

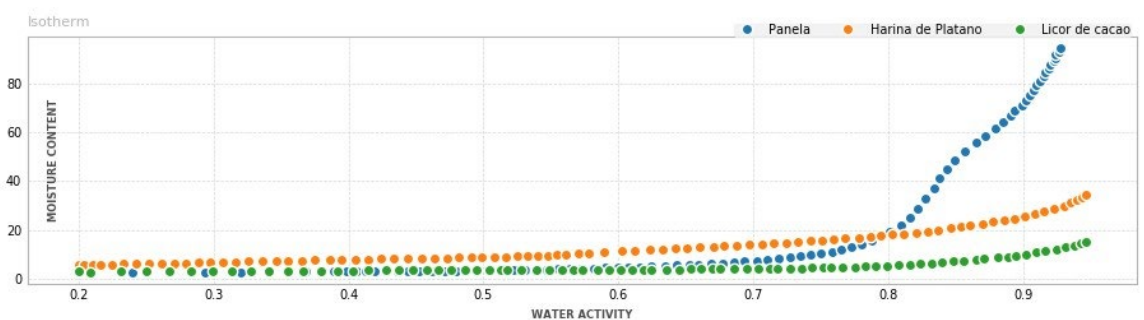


Fuente: Autor

3.4.4.4 Isothermas de sorción de materias primas

El licor de cacao, la harina y la panela presentaron una isoterma sigmoïdal tipo 2, típica para alimentos en polvo ricos en carbohidratos y azúcares, con los modelos de GAB, DLP y BET se obtuvieron R mayores al 95, en la Figura 15, se observa que presenta alta capacidad de adsorber humedad a medida de la a_w aumenta, se evidencia de manera notoria que la velocidad de humectación de la panela granulada es mayor lo cual indica que este ingrediente es más higroscópico a medida que llega a 0,7 de a_w y puede afectar la calidad del producto en polvo como es el apelmazamiento durante el almacenamiento. A su vez nos indica que en las formulaciones a realizar se deben tener en cuenta porcentajes menores de panela que no afecten al producto terminado y no aceleran su degradación (Mejía, 2018).

Figura 15 Isothermas de panela, harina de plátano y licor de cacao a 25°C



Conclusiones

Se determinó la composición proximal y las condiciones de procesamiento de la harina de plátano y licor de cacao, así como las características fisicoquímicas de las materias primas seleccionadas para el desarrollo de las mezclas listas para preparar un producto horneado y una bebida.

Los plátanos con un estado de maduración verde oscuro intenso y uniforme, generaron buenos rendimientos de pulpa, presentaron un rendimiento de harina obtenida de $22,32 \pm 1,32$ con una humedad del 8.92%, de $1,69 \pm 0,01\%$ de ceniza, $0,31 \pm 0,03$ de grasa, $2,57 \pm 0,07$ de proteína, 8,7 de Fibra y $72,23 \pm 0,11$ de Carbohidratos, presentó una actividad de agua de $0,44 \pm 0,02$, un IB $80,89 \pm 3,02$, tamaño y un tamaño de partícula de la harina obtenida del 60,33% es un polvo fino, el 39,67% estuvo retenido en las mallas (20, 30, 40, 60, 80 y 100), presentó una isoterma sigmoideal característica de productos solubles, propensos a absorber humedad a humedades relativas altas y con gránulos tienen una forma ovoide con una superficie lisa.

El licor de cacao obtenido presentó una humedad del $3,71 \pm 0,33\%$, un $53,56 \pm 1,96$ de cenizas, $53,56 \pm 1,96$ de grasa, $13,48 \pm 0,27$ de proteína, $28,33 \pm 0,23$ de azúcares totales, $0,50 \pm 0,01$ de actividad de agua presentó una isoterma sigmoideal característica de productos solubles, propensos a absorber humedad a humedades relativas altas con una superficie amorfa.

Se realizaron isotermas de sorción de materias primas para identificar el comportamiento que pueden tener durante el almacenamiento debido a que la humedad y la actividad de agua tiene una relación directa con la estabilidad y la vida útil de las premezclas, a menor humedad existe una menor tendencia en el desarrollo de microorganismos lo que nos lleva a mejorar la vida útil de las premezclas. Se identifico que las materias primas por su baja humedad tienen la tendencia higroscópica principalmente por la panela para lo cual se recomienda para futuros estudios la realización de la vida útil de cada materia prima con diferentes empaques y condiciones de almacenamiento.

4. Capítulo IV

***Evaluación fisicoquímica y sensorial de las
mezclas en polvo para bebidas y para un
producto horneado***

○

4.1 Resumen

El cacao y el plátano son productos que se cultivan en asocio y se hace necesario su aprovechamiento por medio de la elaboración de productos como las harinas y premezclas libres de gluten que son una alternativa debido a que ofrecen una gran variedad de posibilidades gastronómicas como horneados y bebidas. Se desarrollaron mezclas en polvo pre-listas a base de harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) que se pueden reconstituir con agua para la elaboración de productos horneados y bebidas. Se establecieron condiciones del proceso para la obtención de licor de cacao con una temperatura de tostión de 120°C durante 40 minutos y harina de plátano deshidratada a 40°C durante 14 horas. Estas se caracterizaron fisicoquímicamente mediante análisis proximal el cual arrojó para el licor de cacao: humedad 3,49%, cenizas 3,45%, grasa 54,32%, proteína 13,56%, 0,5 de actividad de agua; para la harina de plátano: humedad 8,35%, cenizas 1,68%, grasa 0,31%, proteína 2,57% y 0,44 de actividad de agua(*aw*). Para cada producto se realizaron cuatro formulaciones variando los porcentajes de harina de plátano y licor de cacao. Como edulcorante para las mezclas se utilizó panela granulada. Fueron evaluadas sensorialmente mediante una escala hedónica, evaluando atributos de apariencia, aroma, color, sabor, textura para determinar la aceptabilidad por parte de un panel no entrenado conformado por 50 personas donde no se obtuvieron diferencias significativas entre formulaciones; sin embargo, la formulación 3 de mezclas para horneados tuvo mayor aceptación. Para evaluar el efecto de la porción harina y licor de cacao se evaluó color, perfil de textura y microscopía electrónica de barrido e isoterma de sorción. Para las mezclas de bebidas se evaluó el efecto de la adición de la variación de la harina de plátano y del licor de cacao mediante el comportamiento reológico. Las mediciones se realizaron por triplicado y se analizaron mediante análisis de varianza. Este trabajo aporta al desarrollo de productos con potencial alimenticio alto, utilizando fuentes no convencionales de harina aptos para poblaciones intolerantes al gluten, usando productos asociados al

cultivo de cacao que tienen potencial en la industria alimentaria, lo que puede aumentar la demanda de productos locales fabricados con tecnologías apropiadas.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Mezclas en polvo para producto horneado

Luego de obtenidas las materias primas se realizaron cuatro formulaciones de las mezclas en polvo para el producto horneado variando las proporciones de licor de cacao, harina de plátano y panela granulada que se utilizó como edulcorante, proveniente de Nocaima, Cundinamarca; los demás ingredientes utilizados (Manteca de cacao, canela en polvo, clara de huevo deshidratada, bicarbonato) se mantuvieron en la misma proporción.

Para determinar la aceptabilidad, las muestras se diluyeron en agua, se mezclaron, se llevaron a un molde y se llevaron al microondas por 1 minuto, estos fueron evaluados sensorialmente con un panel no entrenado conformado por 80 personas, haciendo uso de una escala hedónica estructurada de nueve puntos (Me disgusta extremadamente a Me gusta extremadamente) como se observa en la **Tabla 1** del apartado 2.18, teniendo en cuenta atributos de sabor, textura, aroma, apariencia y aceptación global. Adicional se realizó evaluación de textura con la metodología mencionada en el apartado 2.14, color (apartado 2.15) y evaluación estructural (2.13).

Para la formulación seleccionada por aceptación sensorial, se caracterizó siguiendo los protocolos descritos en la sección 2 de metodología: Contenido de humedad (apartado 2.1), Proteína (apartado 2.2), Grasa (apartado 2.3), Cenizas (apartado 2.4), Fibra dietaria total (apartado 2.5), Carbohidratos (apartado 2.6), Microbiológicos (apartado 2.10) Isotermas de sorción (apartado 2.17) y Análisis morfológico Microscopía electrónica de barrido (apartado 2.13); se le realizó un seguimiento de durabilidad mediante una

evaluación de vida útil acelerada evaluando parámetros de Perfil de Textura (TPA) (apartado 2.14), Color (apartado 2.15), Actividad de agua (apartado 2.16) y Contenido de humedad (apartado 2.1).

Los análisis se realizaron al menos por triplicado, y los datos fueron reportados como la media \pm desviaciones estándar. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba comparativa de Tukey se llevaron a cabo utilizando un nivel de confianza del 95% confianza ($P \leq 0,05$) ($n=3$) Siguiendo la metodología de (Reis Filho et al., 2018). El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVIII versión 18.1.12.

Para la preparación de las mezclas en polvo para productos horneados se mezcló harina de plátano, licor de cacao, panela granulada, en diferentes proporciones, los demás ingredientes como Manteca de cacao, canela en polvo, clara de huevo deshidratada, bicarbonato se adicionaron en proporciones iguales, las cantidades de los aditivos se definieron de acuerdo a las metodología propuesta por (Galeppi, 2015; Ramírez, 2020; Ruiz & Soriano, 2014; Salvador et al., 2017) con algunas modificaciones, las formulaciones para las premezclas para productos horneados se muestran en la Tabla 10, los ingredientes se pesaron, mezclaron y empacaron para posterior análisis; seguido se pesaron 20 gramos de mezcla con 12 ml de agua, se homogenizaron, luego se hornearon en el microondas por 1 minuto, para la evaluación sensorial, medición de color, textura y morfología.

Tabla 10 Formulación de premezclas para productos horneados en porcentaje (%)

<i>Ingredientes</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>F4</i>
<i>Licor de cacao</i>	<i>16,7</i>	<i>20,8</i>	<i>13,3</i>	<i>22,5</i>
<i>Harina de plátano</i>	<i>25,0</i>	<i>30,0</i>	<i>25,0</i>	<i>30,0</i>
<i>Panela</i>	<i>39,2</i>	<i>30,0</i>	<i>42,5</i>	<i>28,3</i>
<i>Bicarbonato</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>

<i>Canela</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>
<i>Clara de Huevo</i>	<i>5,0</i>	<i>5,0</i>	<i>5,0</i>	<i>5,0</i>
<i>Manteca de cacao</i>	<i>12,5</i>	<i>12,5</i>	<i>12,5</i>	<i>12,5</i>

El prototipo se presentó con rótulo que contiene, nombre de producto, contenido neto, porciones, ingredientes, tabla nutricional, forma de uso y recomendaciones de almacenamiento acorde con la normativa colombiana vigente.

4.2.2 Mezclas en polvo para una bebida

Se realizaron cuatro formulaciones de las mezclas en polvo para la bebida variando las proporciones de licor de cacao, harina de plátano partiendo de una proporción de 1:1 y panela granulada que se utilizó como edulcorante, proveniente de Nocaima, Cundinamarca; los demás ingredientes utilizados (canela en polvo, lecitina en polvo, Almidón) se mantuvieron en la misma proporción como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11 *Formulación de premezclas para productos horneados en porcentaje (%)*

<i>Ingredientes</i>	<i>FB 1</i>	<i>FB 2</i>	<i>FB 3</i>	<i>FB 4</i>
<i>Panela</i>	<i>52</i>	<i>52</i>	<i>52</i>	<i>36</i>
<i>Licor de cacao</i>	<i>19</i>	<i>24</i>	<i>23,5</i>	<i>45</i>
<i>Harina de plátano</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>23,5</i>	<i>18</i>
<i>cacao en polvo</i>	<i>13</i>	<i>13</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Almidón de yuca</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Lecitina de soya</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
<i>Canela</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>

Para determinar la aceptabilidad, las muestras se diluyeron en agua en proporción de 10% p/v para cada tratamiento, se mezclaron, y se llevaron a 85°C, estos fueron evaluados sensorialmente con un panel no entrenado conformado por 80 personas, haciendo uso de una escala hedónica estructurada de nueve puntos (Me disgusta extremadamente a Me gusta extremadamente) como se observa en la **Tabla 1** del apartado 2.18, teniendo en cuenta atributos de sabor, textura, aroma, apariencia y aceptación global. Adicional se evaluó la viscosidad (apartado 2.12), a la bebida diluida en frío y la bebida preparada en caliente, se realizó la medición caliente y frío del índice de absorción de agua (IAA), la solubilidad, poder de hinchamiento (PH) con la metodología descrita en el apartado 2.11.

Para la formulación seleccionada por aceptación sensorial, se caracterizó siguiendo los protocolos descritos en la sección 2 de metodología: Contenido de humedad (apartado 2.1), Proteína (apartado 2.2), Grasa (apartado 2.3), Cenizas (apartado 2.4), Fibra dietaria total (apartado 2.5), Carbohidratos (apartado 2.6),

Los análisis se realizaron al menos por triplicado, y los datos fueron reportados como la media \pm desviaciones estándar. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba comparativa de Tukey se llevaron a cabo utilizando un nivel de confianza del 95% confianza ($P \leq 0,05$) ($n=3$) Siguiendo la metodología de (Reis Filho et al., 2018). El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVIII versión 18.1.12.

4.3 Resultados y análisis

4.3.1 Mezclas en polvo para producto horneado

4.3.1.1 Evaluación sensorial

*Las formulaciones para producto horneado se pesaron y mezclaron con agua, se homogenizaron, luego se hornearon en el microondas por 1 minuto, para la evaluación sensorial, se dieron a probar a 50 personas con una escala hedónica (Anexo B) como se observa en la figura **Figura 16**.*

Figura 16 Preparación de producto horneado y evaluación sensorial.



*Se evaluó la percepción y aceptación sensorial de los panelistas no entrenados. De la evaluación sensorial se obtuvo que no se encontraron diferencias significativas entre las cuatro formulaciones, lo cual indica que las proporciones de harina, licor de cacao y panela son aceptadas por el público, notándose que existe una preferencia por la formulación 3, la cual tiene mayor contenido de panela, seguido de harina de plátano y licor de cacao, esta formulación tuvo la mayor aceptación en los atributos de aroma ($6,92 \pm 1,43$), sabor ($7,33 \pm 1,47$), textura ($7,60 \pm 1,58$) y aceptación global ($7,60 \pm 1,58$) como se observa en la **Tabla 11**.*

Tabla 12 Evaluación sensorial de los productos horneados preparados con las premezclas

Formulación	Apariencia	Aroma	Color	Sabor	Textura	Aceptación global
<i>F3</i>	7,34 ± 1,12 a	6,92 ± 1,43 a	7,28 ± 1,30 a	7,33 ± 1,47 a	7,60 ± 1,58 a	7,50 ± 1,20 a
<i>F4</i>	7,33 ± 1,39 a	6,44 ± 1,79 a	7,44 ± 1,48 a	6,62 ± 1,66 a	7,02 ± 1,61 a	6,84 ± 1,36 a
<i>F2</i>	7,54 ± 1,12 a	6,69 ± 1,48 a	7,52 ± 1,32 a	6,57 ± 1,59 a	6,93 ± 1,84 a	6,81 ± 1,71 a
<i>F1</i>	7,05 ± 1,41 a	6,70 ± 1,55 a	7,28 ± 1,40 a	6,93 ± 1,58 a	7,26 ± 1,50 a	7,09 ± 1,57 a

4.3.1.2 Color de las premezclas y producto horneado

Los parámetros de color de las premezclas, producto horneado y me se presentan en la Tabla 13. Las premezclas presentaron luminosidad (L^*) media sin diferencias significativas entre las cuatro, con tonos claros hacia los amarillos y café claros con aspecto mate debido a las tonalidades y proporciones de las materias primas como se observa en la imagen Figura 17, el IB indica que se encuentran dentro de la gama de color de los amarillos claros.

Tabla 13 Evaluación de color escala CIELAB de premezclas, producto horneado y mezcla comercial.

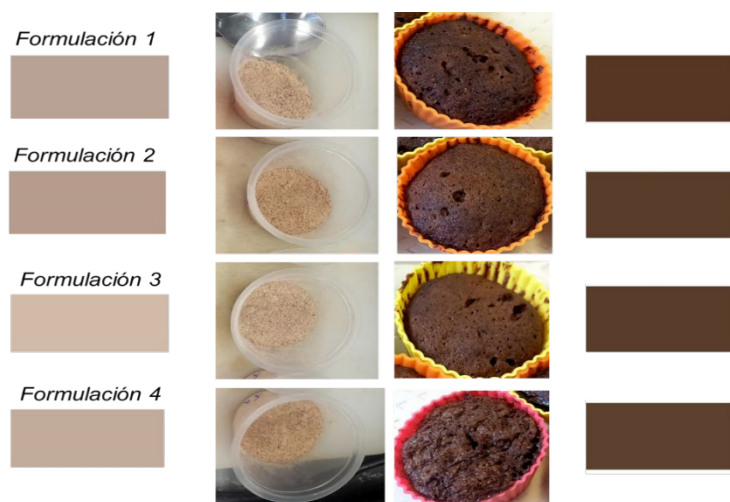
Muestra	L^*	a^*	b^*	Ángulo de tono (h)	croma (C)	IB
<i>F1</i>	68,49 ± 0,65	5,86 ± 0,10	10,95 ± 0,31	61,85 ± 0,33	12,42 ± 0,32	66,13 ± 0,72
<i>F2</i>	66,32 ± 0,67	6,70 ± 0,14	11,80 ± 0,33	60,43 ± 0,21	13,57 ± 0,35	63,69 ± 0,75
<i>F3</i>	72,27 ± 0,25	5,64 ± 0,08	12,35 ± 0,14	65,46 ± 0,10	13,57 ± 0,16	69,13 ± 0,29
<i>F4</i>	71,78 ± 0,43	5,60 ± 0,15	11,43 ± 0,39	63,89 ± 0,18	12,73 ± 0,41	69,05 ± 0,56
Horneado <i>F1</i>	26,71 ± 2,72	11,41 ± 0,70	18,46 ± 3,10	58,01 ± 2,53	21,72 ± 3,01	23,53 ± 3,30
Horneado <i>F2</i>	28,60 ± 3,36	10,58 ± 0,09	16,07 ± 1,14	56,57 ± 1,98	19,24 ± 0,94	26,03 ± 3,01
Horneado <i>F3</i>	28,59 ± 2,17	10,12 ± 0,29	17,04 ± 1,26	59,23 ± 1,39	19,82 ± 1,21	25,87 ± 1,81

Horneado F4	30,03 ± 1,48	10,27 ± 0,23	15,73 ± 0,62	56,85 ± 0,59	18,79 ± 0,64	27,55 ± 1,37
Muestra comercial (Harina Trigo)	25,67 ± 1,71	9,46 ± 0,59	9,47 ± 1,09	44,94 ± 1,74	13,39 ± 1,17	24,46 ± 1,51

Los datos presentados son las medias ± desviación estándar.

Los efectos de los porcentajes utilizados de las materias primas sobre los parámetros de color de los horneados tipo brownies se muestran en la Tabla 13. La materia prima utilizada es un factor importante sobre el color del producto horneado, se observó que los parámetros de luminosidad (L^*) presentaron unos valores bajos hacia las tonalidades hacia el negro, este es un parámetro importante para la calidad visual de los productos. La coloración que tuvieron los horneados se atribuye al resultado de las reacciones no enzimáticas producidas durante el horneado, como las reacciones de Maillard, caramelización a su vez por las características del licor de cacao que proporcionan colores como amarillo, marrón o incluso negro, parámetros similares encontrados por Estrada, (2019). El a^* presentó un valor positivo para todos los tratamientos, es decir, mostraron matices grises. Por otro lado, en la escala de b^* las muestras presentan menor amarillamiento (b^*) como se observa en la Figura 17.

Figura 17 Análisis y comparación de color de premezclas y producto horneado



Fuente: Autor

4.3.1.3 Análisis de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura utilizando un analizador de textura con *un Texturometro TA-XT Plus Texture analyser*, se trabajó con una tensión de 40% durante 5 s con una fuerza de 0.049N y 2 mm/s. De esta prueba se obtuvieron gráficas de fuerza-tiempo que permitieron medir los parámetros de *dureza, fracturabilidad, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia*. La dureza fue mayor en la F2 y F4 debido a que tenían un mayor porcentaje de harina de plátano, las formulaciones F1 y F3 presentaron menor dureza, Estrada, (2019) encontró valores mayores de dureza para Brownies con inclusión de harina de quinua

La gomosidad también mostró valores altos a medida que se incrementó el porcentaje de harina de plátano como el caso de la F2 y F4, las que presentaron menor gomosidad fueron F1 y F3; esto se atribuye a la materia prima utilizada y la cantidad de carbohidratos presentes.

Por otro lado, la elasticidad refleja cuánto se descompone la estructura del producto por la compresión inicial en la Tabla 14, se observa que la elasticidad de las muestras estuvo en un valor de 73 a 91% siendo la F2 la más elástica y la F4 la que menos elasticidad presenta; comportamiento atribuido a que los premezclas son ricos en azúcar y la influencia de la harina de plátano, por lo que, se produce un ligero efecto de ablandamiento en la textura del producto horneado. Los valores resiliencia fueron más altos, debido a la harina de plátano y a la interacción con el licor de cacao y la panela, adicional al método de horneado en microondas que influye en el aumento de aire dentro de la matriz; las muestras presentaron una leve elasticidad, siendo las de mayor elasticidad la F1 y F3. Así mismo, los valores de cohesividad no presentaron diferencias significativas entre muestras, los valores de masticabilidad fueron altos para F4 y F2.

Tabla 14 *Perfil de textura de productos horneado de las formulaciones de premezclas*

Formulación	Dureza	Adhesividad	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
HF1	423,54 ± 31,03	-2,983	1,74 ± 0,05	0,71 ± 0,01	302,03 ± 16,68	261,53 ± 0,08	0,35 ± 0,01
HF2	631,44 ± 46,79	-0,33 ± 0,31	1,83 ± 0,01	0,71 ± 0,02	446,17 ± 38,07	408,91 ± 36,70	0,36 ± 0,02
HF3	469,31 ± 58,30	-3,00 ± 2,55	1,70 ± 0,02	0,64 ± 0,01	297,91 ± 32,11	251,82 ± 27,87	0,29 ± 0,02
HF4	764,33 ± 167,18	-0,443	1,46 ± 0,17	0,70 ± 0,04	530,02 ± 89,72	394,21 ± 147,12	0,34 ± 0,03

4.3.1.3 Microestructura de premezclas

Se evaluó la estructura de las formulaciones en polvo a 100x (Figura 18), 500X (Figura 19) y 1000X (Figura 20), donde se observa una microestructura rugosa, porosa y ovoide, características de las meterías primas utilizadas, en ellas se evidencia el aumento la porosidad. Un estudio similar realizado por López-Mejía & Morales Posada, 2020), evidenciaron la afectación en la microestructura de la red de pastas alimenticias por la incorporación de harinas no convencionales como yuca y auyama.

Figura 18 Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 100X

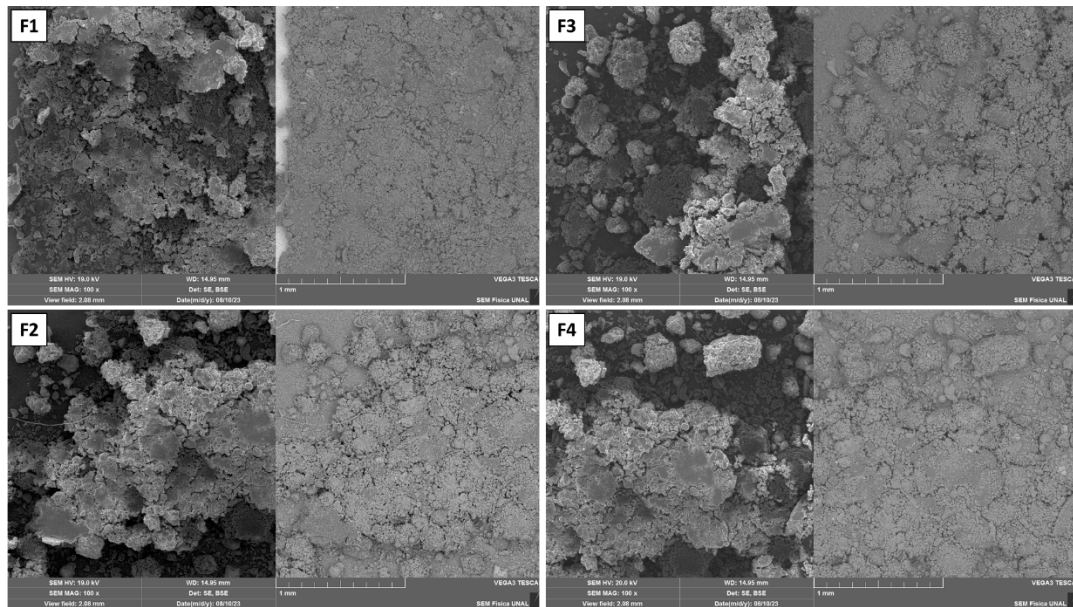


Figura 19 Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 500X

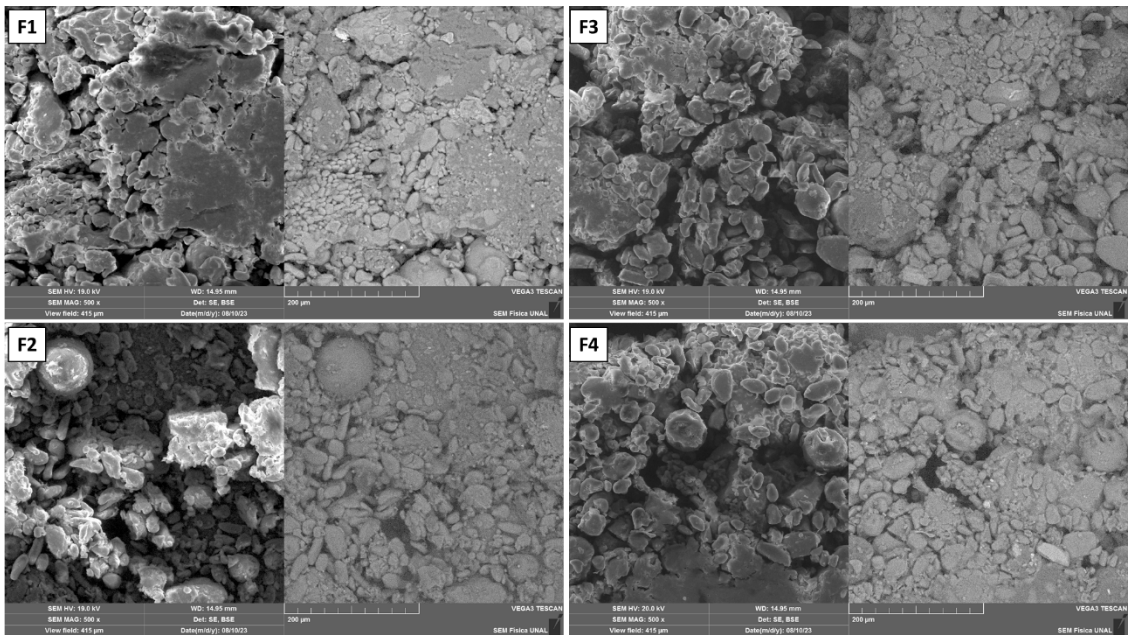
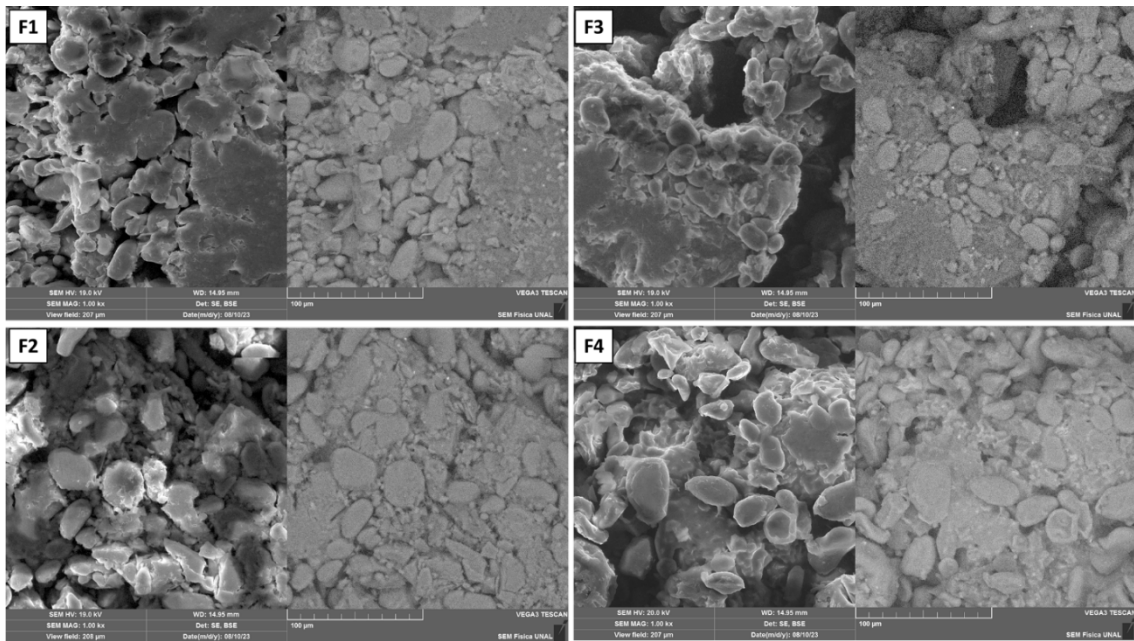


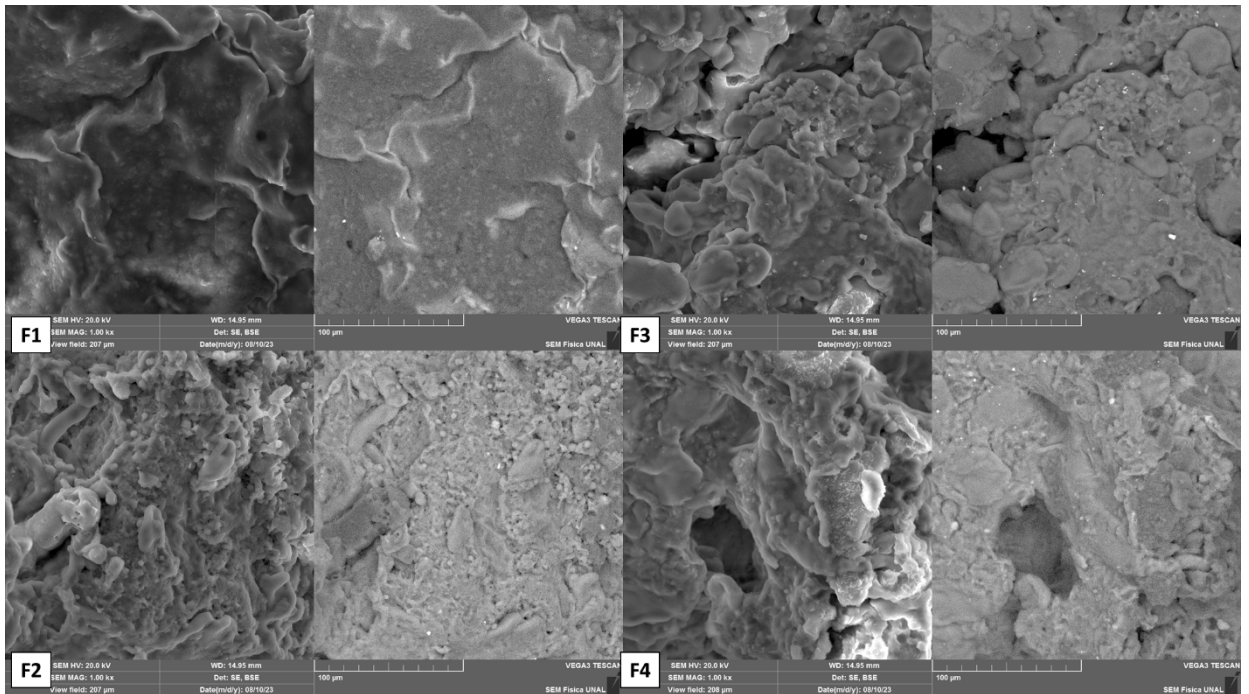
Figura 20 Imagen análisis microestructural de formulación de premezclas a 1000X



4.3.1.4 Microestructura de horneados

Las mezclas en polvo se prepararon y hornearon, luego se evaluó su estructura, la cual muestra que la F1 presentan una estructura corrugada, laminada y menos porosa, la formulación F2 y F4 presenta una estructura con cámaras de aire, la F3 presentó una estructura corrugada y más compacta, aunque presentaron poros.

Figura 21 *Análisis microestructural de productos horneados a 1000X*



4.3.1.5 Caracterización de premezcla seleccionada

La mezcla F3 para productos horneado fue se le realizó una caracterización bromatológica, en la gráfica Tabla 15 se muestran los resultado de la caracterización proximal, se obtuvo un 4,55 de humedad con una actividad de agua de 0,47, factor que puede influir en el comportamiento durante el almacenamiento ya que puede absorber humedad del ambiente. Adicional se encontró que tenía 2,24 de cenizas, 19,42 de grasa proveniente del licor de cacao y manteca de cacao utilizadas, 6,3 de proteína, 11,08 de fibra dietaria, un 6,7 de azúcares reductores aportados por la panela, 40,2 de azúcares totales, 67,5 de carbohidratos, aportando 470 Calorías. El color arrojó un valor de 28,59 de L, 10,12 de a*, un b* de 17,04 con un IB de 25,87. En la medición microestructural se evidencio la presencia de minerales como potasio (K) como se evidencia en el anexo D.

Tabla 15 Caracterización proximal de premezcla F3 para producto horneado

Propiedad fisicoquímica	Valor
Humedad (%)	4,55 ± 0,08
Cenizas (%)	2,24 ± 0,02
Grasa (%)	19,42 ± 0,03
Proteína (%)	6,30 ± 0,01
Fibra Dietaria (%)	11,08 ± 0,02
Carbohidratos (%)*	67,5 ± 0,03
Calorías (kcal/100 g)**	470 ± 0,32
Azúcares reductores	6,7 ± 0,06
Azúcares totales	40,2 ± 0,32
Actividad de agua (a_w)	0,47 ± 0,001
	a 24,28 ± 0,11
	L 28,59 ± 2,17
	a* 10,12 ±
	0.29
Coordenadas de color	b* 17,04 ±
	1,26
	h 59,23 ± 1,39
	C 19,82 ± 1,21
	IB 25,87 ± 1,81

4.3.1.6 Prototipo de premezcla lista para preparar horneado

Se realizó un prototipo, donde se empaco producto en bolsa de papel laminado doypack con sello tipo cremallera, se construyó una etiqueta tipo prototipo teniendo en cuenta la

normativa vigente de rotulado básico 5109 (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, 2005) y rotulado nutricional vigente para Colombia resolución 810 de 2019 y 2492 de 2022 como se observa en la figura , en esta formulación 3 se hizo necesario incluir sello de advertencia de exceso en azúcares ya que contiene más de 10% de adición, adicional es excelente fuente de fibra de 11,08 g por 100g mayor a los 6 g/100g mínimos exigidos por la resolución.

Para la construcción y validación de la tabla nutricional (Tabla 16) se tuvieron en cuenta los resultados experimentales realizados al producto con referencia a calorías, grasa total, carbohidratos, azúcares totales, proteína, grasa, fibra, azúcar añadido. Sin embargo, valores de Sodio, Vitamina A, Calcio, Hierro, Vitamina D, Vitamina B1, Zinc, se utilizaron valores de referencia de las materias primas acorde a los reportados en la tablas de composición de los alimentos del ICBF, central de datos alimentarios de la USDA para el caso de ingredientes como Canela, bicarbonato, manteca de cacao, ya que la normativa colombiana nos permite tomar valores de referencia de estas fuentes.

Tabla 16 Información nutricional formulación F3 para premezcla de producto horneado

Información Nutricional		
Tamaño de porción: 1 Unidad (40g) Número de porciones por envase: Aprox. 5		
	Por 100g	Por porción
Calorías (Kcal)	470	188

Grasa total	19,42 g	7,77 g
Grasa saturada	0 g	0 g
Grasa trans	0 mg	0 mg
Carbohidratos	67,5 g	27 g
Fibra dietaria	11,1 g	4,4 g
Azúcares totales	40,2 g	16,1g
Azúcares añadidos	34 g	13,6 g
Proteína	6,3 g	2,52 mg
Sodio	245 mg	98 mg
Vitamina A	0 µg ER	0 µg ER
Calcio	30 mg	12 mg
Hierro	4 mg	1,6 mg
Vitamina D	0,3 µg	0,1 mg
Vitamina B1	0 mg	0 mg
Zinc	0,6 mg	0,2 mg
Fosforo	17 mg	6,6 mg
Magnesio	20 mg	8 mg
Potasio	583 mg	233,2 mg
No es fuente significativa de Vitamina A, Vitamina B1		

Se realizó un prototipo de etiqueta con dos caras, la cara frontal se observa en la Figura 22, que muestra sello de advertencia de azúcares añadidos, nombre de producto, contenido neto, porciones por envase e imagen de referencia. En Figura 23 se muestra la cara posterior de la etiqueta donde se ubican los ingredientes, tabla nutricional con formato vertical estándar, lote, fecha de vencimiento, fabricante, notificación sanitaria (ejemplo), forma de uso, especificaciones de almacenamientos y conservación.

Figura 22 Cara frontal prototipo de etiqueta



Figura 23 Cara posterior de etiqueta de producto

Ingredientes:
 Panela pulverizada, Harina de plátano (verde), Licor de cacao, Manteca de cacao, Clara de Huevo en polvo, Bicarbonato (leudante), Canela en polvo. No contiene gluten.

Información Nutricional		
Tamaño de porción: 1 Unidad (40g)		
Numero de porciones por envase: Aprox. 5		
Calorias (Kcal)	Por 100g	Por porción
	470	188
Grasa total	19,42 g	7,77 g
Grasa saturada	0 g	0 g
Grasa trans	0 mg	0 mg
Carbohidratos	67,5 g	27 g
Fibra dietaria	11,1 g	4,4 g
Azúcares totales	40,2 g	16,1g
Azúcares añadidos	34 g	13,6 g
Proteína	6,3 g	2,52 mg
Sodio	245 mg	98 mg
Vitamina A	0 µg ER	0 µg ER
Calcio	30 mg	12 mg
Hierro	4 mg	1,6 mg
Vitamina D	0,3 µg	0,1 mg
Vitamina B1	0 mg	0 mg
Zinc	0,6 mg	0,2 mg
Fosforo	17 mg	6,6 mg
Magnesio	20 mg	8 mg
Potasio	583 mg	233,2 mg

No es fuente significativa de Vitamina A, Vitamina B1

Instrucciones de uso
Para microondas: En un pocillo pequeño o molde para microondas, agregar 40g (4 cucharadas), 20 ml de agua (2 Cucharada), mezclar muy bien y llevar al microondas por 1 minuto.
Para Horno: precalentar el horno a 180°C, adicional la mezcla en polvo, mezclar, verter en molde y llevar al horno por 10 minutos.

Conservar en un lugar fresco y seco
Una vez abierto, consumir en el menor tiempo posible

NAS: _____
 Lote: _____ VEN: _____
 Fabricado por: _____

Conclusiones

Se determinó la composición proximal, la tabla nutricional, la microestructura y isoterma de sorción de la premezcla seleccionada por aceptación, las características fisicoquímicas presentaron una humedad del $4,55 \pm 0,08\%$, $2,24 \pm 0,02\%$ de ceniza, $19,42 \pm 0,03\%$ de grasa, $6,30 \pm 0,01\%$ de proteína, $11,08 \pm 0,02\%$ de Fibra y $67,5 \pm 0,03\%$ de Carbohidratos, presentó una actividad de agua de $0,47 \pm 0,32$, un IB $25,87 \pm 1,81$ y 470 Calorías, siendo buena fuente de fibra, potasio, calcio magnesio y fósforo, presentó una isoterma sigmoideal característica de productos solubles, propensos a absorber humedad a humedades relativas altas y con gránulos tienen una forma ovoide con una superficie lisa.

El diseño de productos con materias primas promisorias o regionales se convierte en alternativas de consumo de productos libres de gluten con valores nutricionales altos, fabricadas con tecnologías apropiadas y con mejoras de características físicas importantes que determinan la aceptación por parte del consumidor, como el color, olor y sabor.

5. Capítulo V

***Seguimiento del desempeño y la durabilidad
de las premezclas desarrolladas para
productos horneados***

5.1 Almacenamiento a diferentes temperaturas de la muestra para horneados

5.1.1 Humedad y actividad de agua

La formulación 3 para producto horneado se sometió a almacenamiento a dos temperaturas de 20°C y 38°C durante 29 días (Tabla 17 Humedad y actividad de agua durante almacenamiento (Tabla 17), con el fin de observar el comportamiento de las mezclas en polvo durante el almacenamiento, se evaluó actividad de agua, humedad y para observar cambios en el producto final, se prepararon las mezclas y se evaluó el perfil de textura y color, para determinar cambios que afecten la vida útil, encontrando que:

- La actividad de agua a una temperatura de 38°C disminuyó junto con el contenido de humedad durante el almacenamiento desde el día 15 como se observa en la Figura 23, la apariencia de la mezcla fue compacta y se evidencian una migración de la grasa de cacao lo cual generó apelmazamiento y de manera visual y calidad no es agradable, este efecto se debe a que la manteca de cacao tiene un punto de fusión menor a los 38°C y genera este efecto que se puede confundir con desorción.*
- A 20°C no se encontraron diferencias significativas en la actividad de agua y humedad, aunque se presentaron una leve disminución en los días 15 y 20 y una aumento en el día 29 donde la muestra presentó absorción de humedad lo cual es típico de estos productos en polvo que a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento y si se presenta un cambio de humedad relativa pueden acelerar el proceso de absorción de agua del ambiente.*

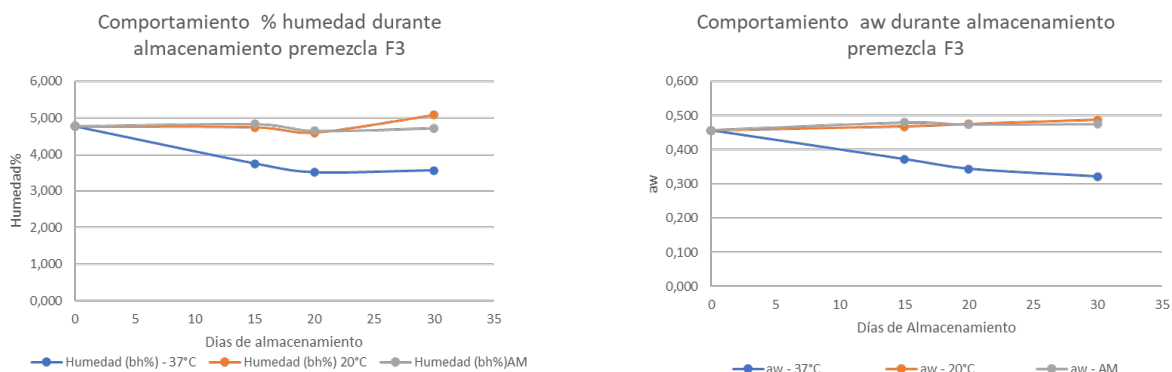
- La muestra a una temperatura ambiente no controlada como promedio de 22°C presenta un comportamiento similar al almacenamiento de 20°C notando que el comportamiento es fluctuante debido a que en el día 15 la aw aumentó, en el día 20 disminuyó levemente y volvió a aumentar levemente al día 29.

Tabla 17 Humedad y actividad de agua durante almacenamiento

Dia	37°C		20°C		22°C- AM	
	aw - 37°C	Humedad (bh%) - 37°C	aw - 20°C	Humedad (bh%) 20°C	aw - AM	Humedad (bh%) AM
0	0,46 ± 0,01	4,77 ± 0,23	0,46 ± 0,01	4,77 ± 0,23	0,46 ± 0,01	4,77 ± 0,23
15	0,37 ± 0,01	3,75 ± 0,2	0,47 ± 0,03	4,74 ± 0,16	0,48 ± 0,05	4,85 ± 0,21
20	0,34 ± 0,01	3,506 ± 0,20	0,4746 ± 0,03	4,59 ± 0,15	0,47 ± 0,04	4,64 ± 0,02
30	0,32 ± 0,03	3,56 ± 0,14	0,49 ± 0,02	5,08 ± 0,14	0,48 ± 0,03	4,72 ± 0,15

AM: temperatura ambiente no controlada

Figura 24 Comportamiento de aw y % de humedad durante el almacenamiento de la F3



Fuente: Autor

5.1.2 Perfil de textura durante almacenamiento

Durante el almacenamiento a temperatura de 20°C y 38°C, se realizaron mediciones los días 0, 15 y 29 de textura del producto horneado para evaluar los cambios observados en la medición de la aw y la humedad, como lo fue el apelmazamientos a temperatura de 38°C. en la tabla 18 se observa que:

- A 38°C la dureza y adhesividad del producto horneado se ve afectada significativamente al día 15 de almacenamiento, las demás propiedad como elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia tuvieron cambios no significativos en el almacenamiento.*
- En la tabla 20 observamos un comportamiento similar en la dureza, adhesividad, y adicionalmente en la masticabilidad que disminuyeron notablemente y su resiliencia aumentó en los días 15 y 29.*
- Sin embargo, a temperatura ambiente con una humedad relativa no controlada observamos que en el día 29 se presentaron diferencias significativas en la dureza, gomosidad y masticabilidad que se redujeron y su resiliencia aumentó.*

Tabla 18 Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a 38°C

Ambiente de 38°C	Dureza	Adhesividad	Elasticidad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
Día 0	469,31 ± 58,30	-3,00 ± 2,55	1,70 ± 0,02	0,64 ± 0,01	297,91 ± 32,11	251,82 ± 27,87	0,29 ± 0,02
Día 15	338,78 ± 38,72	-0,36 ± 0,21	1,78 ± 0,09	0,77 ± 0,06	260,41 ± 15,93	231,24 ± 15,22	0,41 ± 0,06
Día 29	394,95 ± 56,15	0	1,80 ± 0,02	0,76 ± 0,02	297,90 ± 39,96	269,46 ± 34,94	0,391 ± 0,01

Tabla 19 Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a 20°C

Ambiente de 20°C	Dureza	Adhesividad	Adhesividad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
Día 0	469,31 ± 58,30	-3,00 ± 2,55	1,70 ± 0,02	0,64 ± 0,01	297,91 ± 32,11	251,82 ± 27,87	0,29 ± 0,02
Día 15	267,31 ± 38,10	-0,06	1,76 ± 0,04	0,78 ± 0,02	207,63 ± 23,17	182,71 ± 24,89	0,41 ± 0,04
Día 29	217,84 ± 33,97	-0,744	1,82 ± 0,03	0,81 ± 0,01	177,26 ± 27,36	161,83 ± 24,14	0,45 ± 0,01

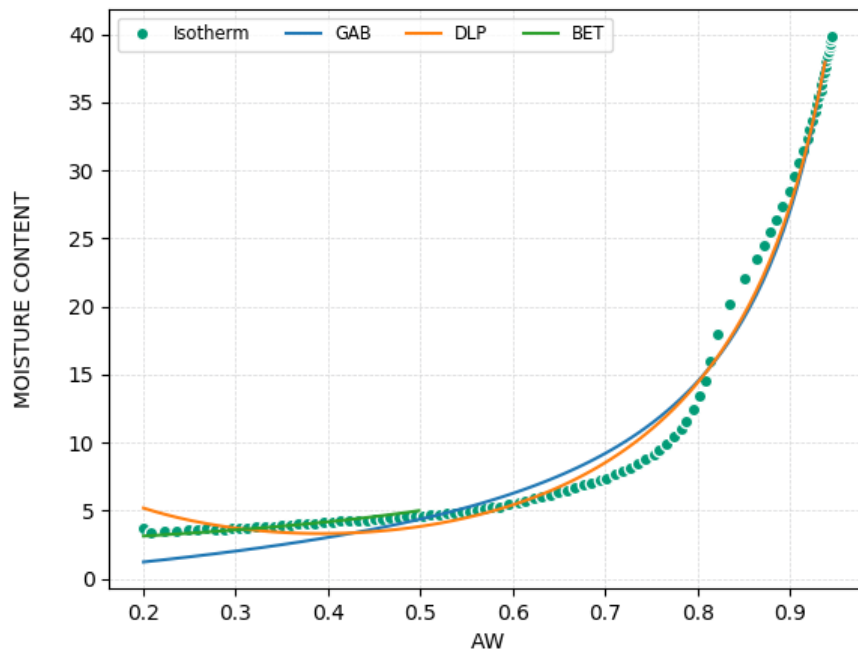
Tabla 20 Perfil de textura de la mezcla F3 almacenada a Temperatura ambiente

Ambiente no controlado	Dureza	Adhesividad	Adhesividad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
Día 0	469,31 ± 58,30	-3,00 ± 2,55	1,70 ± 0,02	0,64 ± 0,01	297,91 ± 32,11	251,82 ± 27,87	0,29 ± 0,02
Día 20	469,99 ± 149,67	-0,40 ± 0,06	1,76 ± 0,02	0,73 ± 0,05	336,37 ± 85,49	295,08 ± 68,89	0,37 ± 0,05
Día 29	226,85 ± 66,66	-0,54 ± 0,54	1,82 ± 0,01	0,79 ± 0,01	179,72 ± 53,04	164,26 ± 49,97	0,42 ± 0,02

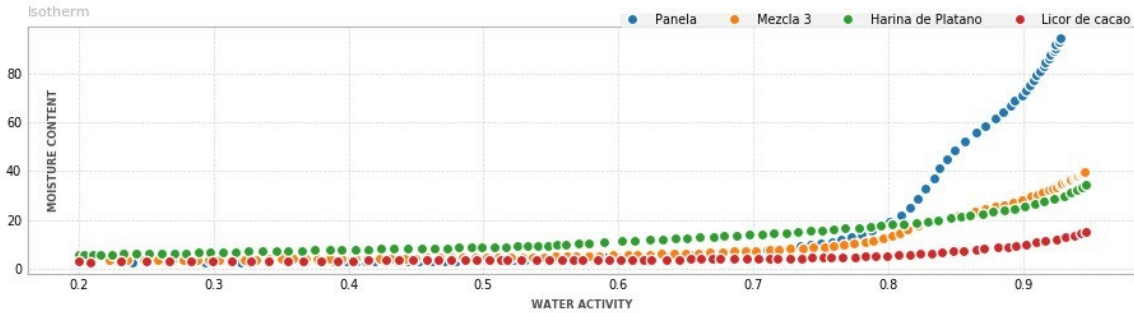
5.1.2 Isotermas de mezcla empolvo comparadas con materias primas

Acorde a lo observado en el comportamiento de la premezcla F3 durante el almacenamiento de 29 días a temperaturas de 20°C y 38°C, se realizaron isotermas de sorción a 25°C con un equipo automático, que permitió realizar una medición desde una a_w de 0,2 hasta 0,95, con el fin de observar el comportamientos del as materias primas y de la premezcla F3 para observar el comportamiento, en el caso para la F3 se obtuvo una curva sigmoideal Figura 25 donde se evidencia que el punto de inflexión de la premezcla fue de 0,73 de a_w lo que nos indica que si se generan cambios en la humedad relativa durante el almacenamiento se presenta el fenómeno de absorción de una manera más acelerada dado a sus características higroscópicas.

Figura 25 Isotherma de sorción de la premezcla para producto horneado



Se realizaron las isothermas de adsorción para las materias primas principales harina de plátano, licor de cacao y panela, junto con la formulación 3 para producto horneado donde observamos la relación entre actividad de agua y humedad a 25°C, observando que las materias primas presentan un comportamiento sigmoidal junto con la premezcla, sin embargo la formulación F3 presenta un comportamiento más higroscópico (Figura 26) y acelerado cuando la humedad relativa aumenta acelerando su absorción de agua, lo que nos indica que estas premezclas son altamente higroscópicas y que se deben mejorar las condiciones de almacenamiento y empaque para evitar el efecto de absorción de humedad y el apelmazamiento.

Figura 26 *Isotermas de materias prima y mezcla en polvo seleccionada*

5.1.3 Color

Durante el almacenamiento de 29 días a temperaturas de 20°C y 38°C, se preparó el producto horneado los días 15, 20 y 29, en la Tabla 21 se evidencia que se presentan diferencias significativas el día 15 de cambio de coloración a 38°C en el L^* , un aumento de a^* , b^* y en el IB. Por otro lado, en las Tabla 22 y Tabla 23 se observa que no existen diferencias significativas en el color a temperatura de 20°C y a temperatura ambiente.

Tabla 21 *Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 38°C*

Almacenamiento a 38°C	L^*	a^*	b^*	ángulo de tono (h)	croma (C)	IB
D-0	71,15 ± 0,18	5,61 ± 0,06	12,45 ± 0,22	65,72 ± 0,15	13,65 ± 0,22	68,08 ± 0,22
D15	56,78 ± 0,83	6,79 ± 0,07	12,67 ± 0,28	61,83 ± 0,66	14,38 ± 0,23	54,45 ± 0,73
D20	56,33 ± 0,33	6,95 ± 0,18	13,13 ± 1,20	62,02 ± 1,53	14,86 ± 1,14	53,84 ± 1,83
D29	55,23 ± 1,02	7,69 ± 0,22	14,45 ± 0,30	61,98 ± 0,35	16,37 ± 0,36	52,33 ± 1,05

Tabla 22 *Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 20°C*

Almacenamiento a 20°C	L^*	a^*	b^*	ángulo de tono (h)	croma (C)	IB
-----------------------	-------	-------	-------	--------------------	-----------	----

D-0	71,15 ± 0,18	5,61 ± 0,06	12,45 ± 0,22	65,72 ± 0,15	13,65 ± 0,22	68,08 ± 0,22
D15	72,11 ± 0,26	5,18 ± 0,38	11,60 ± 0,72	65,94 ± 0,30	12,71 ± 0,82	69,34 ± 0,48
D20	71,58 ± 0,54	5,44 ± 0,09	12,24 ± 0,23	66,05 ± 0,70	13,39 ± 0,19	68,58 ± 0,55
D29	70,48 ± 0,35	5,65 ± 0,07	13,31 ± 0,42	67,01 ± 0,42	14,46 ± 0,20	67,13 ± 0,40

Tabla 23 *Cambios de color en producto horneado durante almacenamiento a 38°C*

Almacenamiento a Amb	L*	a*	b*	ángulo de tono (h)	croma (C)	IB
D-0	71,15 ± 0,18	5,61 ± 0,06	12,45 ± 0,22	65,72 ± 0,15	13,65 ± 0,22	68,08 ± 0,22
D15	71,03 ± 0,20	5,38 ± 0,13	12,20 ± 0,30	66,19 ± 0,14	13,33 ± 0,33	68,11 ± 0,27
D20	70,20 ± 0,81	5,62 ± 0,07	12,95 ± 0,22	66,52 ± 0,32	14,12 ± 0,22	67,02 ± 0,80
D29	70,17 ± 0,90	5,51 ± 0,54	12,80 ± 0,97	66,73 ± 0,96	13,94 ± 1,09	67,06 ± 1,26

Conclusiones

Las isothermas de adsorción de la harina de plátano, licor de cacao, panela y premezclas en polvo exhibieron un comportamiento del tipo II para todas la temperatura de estudio, similar a otros productos alimenticios en polvo.

De acuerdo con los parámetros estadísticos, los mejores modelos que se ajustaron a los datos experimentales de las isothermas de adsorción de la harina de plátano licor de cacao, panela y premezclas en polvo fueron los de GAB (Guggenheim, Anderson y De Boer) y DLP (Doble Log Polynomial), con valores de R² mayores a 99%, porcentaje de error medio relativo (%E) menor del 5%, las mediciones se realizaron por triplicado y se analizaron mediante análisis de varianza.

El prototipo se presentó con rótulo que contiene, nombre de producto, contenido neto, porciones, ingredientes, tabla nutricional, forma de uso y recomendaciones de almacenamiento acorde con la normativa colombiana vigente.

Se elaboro premezclas listas para preparar productos horneados con harina de plátano verde dominico Hartón (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) como alternativas de una opción de alimento con potencial alimenticio alto que le brinda al consumidor y de nuevos productos con valor agregado a la producción que generan nuevos ingresos al productor, para potencializarlo se recomienda en futuros estudios hacer un análisis de costos de producción, realizar un estudio de vida útil con diferentes materiales de empaque y realizar evaluación sensoria a consumidores por franjas de edades que permitirá obtener mas opciones de productos debido a tendencia de gustos sensoriales.

Recomendaciones

Construir isotermas a diferentes temperaturas para poder apreciar entrecruzamiento de las curvas y la dependencia de la temperatura con la humedad de equilibrio para las mezclas en polvo.

Realizar un estudio en la determinación de las isotermas de desorción de la harina de plátano verde (Musa ABB simmonds), licor de cacao y panela granulada a las temperaturas de 20, 25, 35 40°C, 55°C y 60°C, con la finalidad de encontrar los parámetros adecuados para el secado y almacenamiento de estas materias primas (humedad final del producto y la energía requerida para su secado).

Llevar a cabo un estudio para determinar la vida útil de la mezcla listas para horneado y bebida durante su almacenamiento a las condiciones sugeridas en este trabajo como diferentes rangos de temperatura y de esta manera determinar el tipo de envase a utilizar que mejore la protección del producto así se disminuye el defecto de apelmazamiento.

Realizar mediciones de vitamina C y del complejo B, polifenoles, minerales como hierro a las premezclas en polvo para poder evaluar su funcionalidad.

Realizar el ajuste de los datos experimentales de las isothermas a otros modelos matemáticos existentes.

Para mejorar la solubilidad de la mezcla en polvo para la bebida, se recomienda contemplar el uso de harinas precocidas de plátano y cacao desgrasado a su vez optar por estudiar la encapsulación de este para facilitar su rehidratación y solubilidad en frío para bebidas instantáneas.





A. Anexo: Equipos para obtención de harina y licor de cacao e instrumentos para análisis

Este anexo contiene el listado con parámetro, nombre e imagen de los equipos utilizados para obtención de harina de plátano y licor de cacao; y los equipos e instrumentos utilizados para los diferentes análisis realizados, que fueron facilitados por la planta de vegetales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y el Servicio Nacional de aprendizaje SENA subsede Pacho y Villeta, Cundinamarca.

Tabla listada de los equipos instrumentos utilizados para los diferentes análisis realizados

<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<i>Secado de plátano</i>	<i>Deshidratador de convección con aire caliente – Chisholm – Ryder – Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá</i>	
<i>Pesaje de mezclas</i>	<i>Balanza Sartorius, con 1 cifra decimal capacidad 5 kg</i>	

Continuación tabla

Parámetro	Equipo	Descripción Equipo
Molienda harina	Macro molino tipo Wiley TE 650/1 Marca TECNAL con malla MESH 10, 20, 30, Cámara de molienda con 4 cuchillos regulables en acero	
Pesaje materias primas	Bascula BBG – industry20 – capacidad 300kg	
Tajado de plátano	Procesador de vegetales SamMic – CI Talsa- cuchilla para corte en rodajas	
Molienda de las mezclas	Molino de cuchillas horizontales Cusinart capacidad de 200 gramos	



Continuación tabla

<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<p><i>Tamizaje de harina</i></p>	<p><i>Juego de tamices N° 20, 30, 40, 60, 80, 100 y finos U.S Standard SIEVE Series con una zaranda Ro-Tap testing sieve shaker TYLER Company</i></p>	
<p><i>Tostado e cacao</i></p>	<p><i>Tostadora de tambor capacidad 8 kilos a gas, con tablero de control de temperatura y vasca de enfriamiento- Fabricación colombiana</i></p>	
<p><i>Descascarillador a de cacao tostado</i></p>	<p><i>Descascarilladora de cacao con flujo de aire capacidad 50 kilos /hora. de fabricación colombiana</i></p>	
<p><i>Molienda de granos de cacao tostado</i></p>	<p><i>Molino de tornillo sin fin y discos de fabricación colombiana IMASP</i></p>	


		
--	--	--




Continuación tabla

<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<i>Humedad de cacao en campo</i>	<i>Medidor de humedad de granos portátil Coffee Pro - Mac</i>	
<i>Evaluación de calidad de grano de cacao</i>	<i>Guillotina o magra 14 de 50 granos Marca Tesserba B. Matthaei</i>	

<p><i>Tamaño de grano</i></p>	<p><i>Vernier o Pie de rey digital caliper INSIZE, rango de 0 a 300 mm resolución 0.01 mm</i></p>	
<p><i>Humedad</i></p>	<p><i>Horno o Estufa de secado Memmert</i></p>	

Continuación tabla




<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<p><i>Pesaje de muestras para análisis</i></p>	<p><i>Balanza analítica Ohaus pionner de cuatro cifras decimales</i></p>	

<i>Proteína</i>	<i>Volumétrica</i> <i>Digestión Kjeldahl</i> <i>cámara de proceso</i> <i>de digestión,</i> <i>destilador</i> <i>semiautomático</i> <i>(VELP Scientifica</i> <i>UDK 129)</i>	
<i>Grasa</i>	<i>Extractor Soxhlet y</i> <i>roto-evaporador IKA</i> <i>RV-10 digital con</i> <i>baño de</i> <i>calentamiento IKA</i> <i>HB 10 digital</i>	
<i>Cenizas</i>	<i>Mufla de calcinación</i> <i>Hotpack WaterLoo</i>	




Continuación tabla


<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<i>Fibra</i>		
<i>Sulfitos</i>	<i>Kit de sulfitos</i> <i>Positivo/Negativo</i>	
<i>pH</i>	<i>Potenciómetro</i> <i>Electrométrica</i>	
<i>Acidez</i>		

Continuación tabla



<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<i>Enfriamiento de muestras</i>	<i>Desecador</i>	
<i>Viscosidad</i>	<i>Viscosímetro Viscotester 550 HAAKE</i>	
<i>Microscopia electrónica de barrido (SEM)</i>	<i>Microscopio electrónico de Barrido</i>	
<i>Textura</i>	<i>Texturometro TA-XT Plus Texture analyser</i>	



Continuación tabla

<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<i>Color</i>	<i>Espectrocolorímetro Color quest XE- Hunter lab- Easy MatchQC Ver 4.60. sensor CQX3877</i>	
<i>Solubilidad - Capacidad de Absorción de Agua</i>	<i>Centrifuga Spinplus de 5000 rpm</i>	
<i>Actividad de agua (a_w)g</i>	<i>HygroLab C1 bench- top indicator: Rotronic, escala de 0 a 1 a_w, con rango de temperatura de 5 – 50°C</i>	
<i>Isotermas de sorci3n</i>	<i>Analizador de sorci3n de vapor – generador automático de isotermas con método de sorci3n dinámica de</i>	

	<p>vaporVAS - Aqua lab (Vapor sorption analyser) –</p>	
--	--	--

Continuación tabla

<i>Parámetro</i>	<i>Equipo</i>	<i>Descripción Equipo</i>
<p><i>Vida útil</i></p>	<p><i>Cámara climática con control de temperatura 20 °C y humedad Relativa – marca DiEs</i></p> <p><i>Cámara climática con control de temperatura 37 °C marca Memmert</i></p>	
<p><i>Humedad</i></p>	<p><i>Termo balanza o analizador de humedad halógeno HR73 Mettler Toledo</i></p>	

<p><i>Producto horneado</i></p>	<p><i>Horno microondas AR HM-07 ME BL 700 watts Arezzo Haceb</i></p>	
<p><i>Agitación y calentamiento</i></p>	<p><i>Plancha de calentamiento y agitación magnética</i></p>	

B. Anexo: Formato de evaluación sensorial para mezcla en polvo para producto horneado

*Análisis sensorial Producto Horneado
Prueba de aceptación*

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Género: Femenino: _____ Masculino: _____ Ciudad: _____

INSTRUCCIONES

A continuación, se le presentan 4 muestras un producto Horneado, tome cada una de las muestras identificadas con un código, obsérvelas en cuanto a su color, aroma, sabor, textura, apariencia y aceptación general.

En la siguiente tabla evalúe cada una de ellas con una escala hedónica de 9 puntos del 1 al 9, en función de los descriptores mostrados a continuación:

- 9. Me gusta extremadamente
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta poco
- 5. Me es indiferente
- 4. Me disgusta
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta extremadamente

Código de muestra	Descriptor					
	Apariencia	Aroma	Color	Sabor	Textura	Aceptación general

Prueba de Ordenamiento

Según su preferencia, ubique en orden descendente el código de las muestras:

Escriba el código

La que más me gusta	La que le sigue en gusto	La que menos me gusta	La que no le gustó

Comentarios:

Agradezco por su participación en esta evaluación sensorial de producto, toda la información que nos proporciona será de mucha utilidad.

C. Anexo: Formato de evaluación sensorial para mezcla en polvo para bebida.

*Análisis sensorial bebida
Prueba de aceptación*

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____
 Género: Femenino: _____ Masculino: _____ Ciudad: _____

INSTRUCCIONES
 A continuación, se le presentan 4 muestras de unas bebidas, tome cada una de las muestras identificadas con un código, obsérvelas en cuanto a su color, aroma, sabor, textura, apariencia y aceptación general. En la siguiente tabla evalúe cada una de ellas con una escala hedónica de 9 puntos del 1 al 9, en función de los descriptores mostrados a continuación:

9. Me gusta extremadamente
 8. Me gusta mucho
 7. Me gusta moderadamente
 6. me gusta poco
 5. Me es indiferente
 4. Me disgusta
 3. me disgusta moderadamente
 2. Me disgusta mucho
 1. Me disgusta extremadamente

Código de muestra	Descriptor					
	Apariencia (consistencia)	Aroma	Color	Sabor	Textura (Viscosidad)	Aceptación general

Según su preferencia, ubique en orden descendente el código de las muestras:
 Escriba el código

La que más me gusta	La que le sigue en gusto	La que menos me gusta	La que no le gustó

Comentarios: _____

Agradezco por su participación en esta evaluación sensorial de producto, toda la información que nos proporciona será de mucha utilidad.

D. Anexo: Aceptación participación del congreso XIII Congreso Internacional sobre Estudios Nutricionales y Alimentación.



Letter of Acceptance

August 11, 2023

Dear Diana Carolina Jimenez Casas,

On behalf of the Review Committee for the Thirteenth International Conference on Food Studies, 18-20 October 2023 at University of Guadalajara, Guadalajara, Mexico, this letter confirms your presentation proposal "Desarrollo De Premezclas En Polvo A Base De Harina De Plátano (Musa Aab Simmonds) Y Licor De Cacao (Theobroma Cacao L.) Para Elaboración De Productos Homeados" has been accepted. We believe that your presentation and participation in general discussions will make a significant contribution to the conference.

The annual conference is an integral component of the Food Studies Research Network. Founded in 2011, the Food Studies Research Network is brought together around a common interest to explore new possibilities for sustainable food production and human nutrition, and associated impacts of food systems on culture.

You can find regularly updated information about the conference on our website: <https://estudiosnutricionales.com/congreso-2023>

Should you require further information or have any questions, please visit the Knowledge Base: https://cgscholar.com/cg_support/es

We do hope you will be able to attend this important and timely event.

Yours Sincerely,

A handwritten signature in black ink that reads "Bill Cope".

Dr. William Cope
President, Common Ground Research Networks, USA
Professor, Department of Education Policy, Organization & Leadership, College of Education, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA

E. Anexo: Certificación participación del congreso XIII Congreso Internacional sobre Estudios Nutricionales y Alimentación.



CERTIFICATE OF ATTENDANCE AND PRESENTATION

Diana Carolina Jimenez Casas

of Universidad Nacional de Colombia, Colombia, attended (as an Online participant) the Thirteenth International Conference on Food Studies, University of Guadalajara, Guadalajara, México, 18-20 October 2023 (24 hours). Diana Carolina Jimenez Casas presented the paper

Desarrollo de Premezclas en polvo a base de harina de plátano (Musa AAB Simmonds) y licor de cacao (Theobroma Cacao L.) para elaboración de productos horneados

We thank you for your valuable contribution. The annual conference is an integral component of the Food Studies Research Network.

Dra. Blanca Rosa Aguilar Uscanga
Conference Chair

University of Guadalajara



CUCEI

D. Anexo: Certificación artículo sometido



Depósito Legal DC2023000225

**DIABETES
ACTUAL**

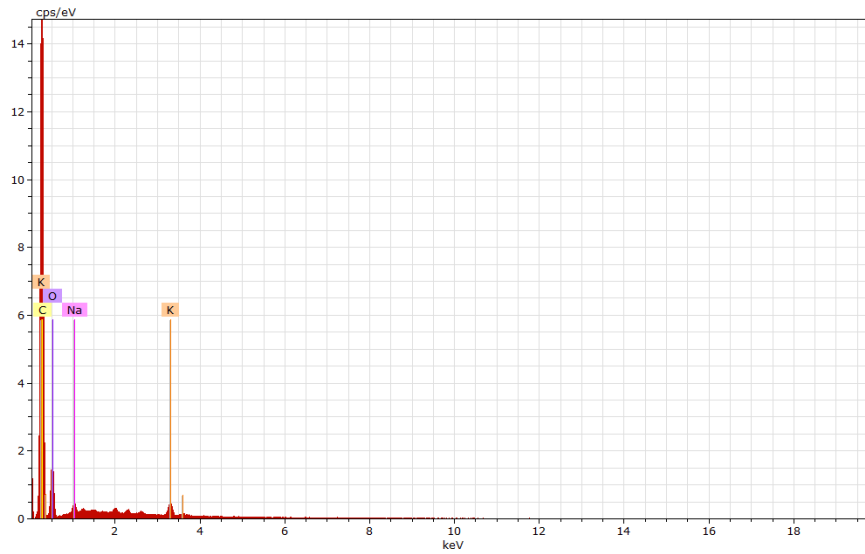
CONSTANCIA

Quien suscribe la presente, en mi condición de Editor de la Revista de Diabetes Actual, hace contar que el artículo intitulado “Caracterización y capacidad antioxidante de las almendras de cacao del Huila fermentadas, secas, tostadas y su posible efecto en la salud” cuya autoría corresponde a los autores: Jiménez Diana Casas, María S. Hernández y Mary Lares; se recibió y está siendo evaluada.

Constancia que se expide a solicitud de parte interesada, en la ciudad de Caracas, a los veinticinco días del mes de enero del año 2024.

Dra. Sara Brito de González
Editor-Jefe

Application Note



Spectrum: AM8 12887

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	75,50	75,50	80,83	8,59
O	8	K-series	23,06	23,06	18,54	3,29
K	19	K-series	0,73	0,73	0,24	0,05
Na	11	K-series	0,71	0,71	0,39	0,08
Total:			100,00	100,00	100,00	

Bibliografía

- Abioye, V. F., O Ade-Omowaye, B. I., Babarinde, G. O., & Adesigbin, M. K. (2011). Chemical, physico-chemical and sensory properties of soy-plantain flour. *African Journal of Food Science*, 5(4), 176–180. <http://www.academicjournals.org/ajfs>
- Achaw, O. W., & Danso-Boateng, E. (2021). Chemical and process industries: With examples of industries in Ghana. In *Chemical and Process Industries: With Examples of Industries in Ghana*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79139-1>
- Acurio, L. (2010). *Determinación de los principales indicadores en el tiempo de vida de anaquel de panela granulada de las unidades productivas Ingapi y el paraíso con fines de exportación al mercado norteamericano*.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2009). Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. *Food Research International*, 42(1), 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.007>
- Akubor, P. I., Adamolekun, O., Oba, C. A., Obari, H., & Abudu, I. O. (2004). *Chemical Composition and Functional Properties of Cowpea and Plantain Flour Blends for Cookie Production*.
- Alvarado, L., & Peñafiel, D. (2022). *Desarrollo de una premezcla extruida a partir de residuos de plátano verde frito y crudo originarios del proceso de producción de chifles*. Escuela superior Politécnica del Litoral.
- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Roll and Extrusion-Cool(ing of Grain Sorghum Grits'. In *CEREAL SCIENCE TODAY* (Vol. 14, Issue 11).
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of the Association of AOAC International* (20th ed.).

- Araya Quesada, Y., Morales-Torres, A., Vargas-Aguilar, P., & Wexler, L. (2014). *Technological use of green banana flour with shell (Musa AAB) as a fat substitute for meat models*. 9, 50–60.
- Arteaga, M. R., Andrade, R. D., Durango, D. M., & Mosquera, J. J. (2015). Proceso de elaboración de mazamorra de plátano. *Informacion Tecnologica*, 26(4), 45–52.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000400007>
- Ayala-Aponte, A., & Clave, P. (2011). *ADSORPTION ISOTHERMS AND ISOSTERIC HEAT ESTIMATION IN CASSAVA FLOUR ESTIMAÇÃO DAS ISOTERMAS DE ADSORÇÃO E DO CALOR ISOSTÉRICO EM FARINHA DE MANDIOCA*.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Board, A., Hartel, R. W., Peleg, M., Rahman, S., University, Q., & Rao, O. M. A. (2021). *Food Powders Properties and Characterization* (Food Engineering Series, Ed.). Springer. <http://www.springer.com/series/5996>
- Barreto Hernández, J. A., Chavarría, E. W. C., Molina, V. K. C., Chavarría Minaya, R. L., Hidalgo Villamil, R. J., & Bravo, M. L. R. (2015). *Elaboración de harina de plátano (Musa paradisiaca) a tres temperaturas diferentes para establecer los porcentajes de humedad*.
- Beckett, S. T. (2008). *The Science of Chocolate 2nd Edition. 2nd edition*.
- Beg, M. S., Ahmad, S., Jan, K., & Bashir, K. (2017). Status, supply chain and processing of cocoa - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 108–116.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007>
- Cayon, D., Giraldo, G., & Arcila, M. (2000). *Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia* (AGROSAVIA & M. Arcila, Eds.; Vol. 1). Corporación colombiana de investigación agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17940>.
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., & Arcos, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 161–169.
<https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.4939>
- Chilo Ramos, D. L. (2020). *Evaluación de las condiciones de proceso para la elaboración de una bebida fermentada de quinua (Chenopodium quinoa Wild) con inclusión de bacterias ácido lácticas*.
- D.Andrade P., R. D., Lemus, R. M., & Pérez C, C. E. (2011). Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. *Revista de La Facultad De Química Farmacéutica*.
- Elías, L. G. (1996). *Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas*.
<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/15443/v121n2p179.pdf>
- Esparza, B. M., Reinel, H., Bernal, G., & Galvis, J. A. (1990). *DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO EN PANELA*. 7, 70–75.

- Estrada, D. (2019). *Perfil sensorial y de textura de brownies a base de harina de dos variedades de quinua*.
- Fajardo, B. L., Molina, D. P., Ospina, J. E., & García, H. R. (1999). Determinación de Algunas Propiedades Físicas y Mecánicas de la Panela Granulada. *Revista Ingeniería e Investigación*, 43.
- Farfán, K. F., Santos Vega, I., Guerrero, S. B., Morales, W. V., & Arellano Sánchez, K. (2015). *DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PANELA GRANULADA*. Universidad de Piura.
- FEDECACAO. (2004). *Cacaocultura en el departamento de Cundinamarca*.
- Fedecacao. (2016). *Guía Técnica para el cultivo del cacao* (p. 247). Federación Nacional de Cacaoteros.
- FEDECACAO. (2017). *Economía Nacional*.
- Fibrianto, K., Fajrul Azhar, L. O. M., Widyotomo, S., & Harijono, H. (2021). Effect of cocoa bean origin and conching time on the physicochemical and microstructural properties of Indonesian dark chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24919>
- Flores-Silva, P. C., Berrios, J. D. J., Pan, J., Agama-Acevedo, E., Monsalve-González, A., & Bello-Pérez, L. A. (2015). Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: Physicochemical, texture and sensory properties. *CYTA - Journal of Food*, 13(2), 159–166. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>
- Gabas, A. L., Telis-Romero, J., Giraldo Gomez, G. I., & Telis, V. R. (2009). Propiedades termodinámicas de sorción de agua de la pulpa de lulo en polvo con encapsulantes. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29, 911–918.
- Galeppi, A. (2015). *VITABROWNIE, Premezcla para Brownie de cacao amargo con agregado de inulina y reducción parcial de sacarosa*.
- Gayi, S., & Tsowou, K. (2016). *Cocoa industry: Integrating small farmers into the global value chain*.
- Gechev, B., Zsivanovits, G., & Marudova, M. (2019). Rheological models of gluten free bread dough. *AIP Conference Proceedings*, 2075. <https://doi.org/10.1063/1.5091339>
- González Chavarro, F., Cabezas Gutiérrez, M., Ramírez Gómez, M., & Ramírez Durán, J. (2018). Curvas de absorción de macronutrientes en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para panela, en la Hoya del Río Suárez. *Revista U.D.C.A*

- Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.995>
- Gutierrez, J., Para, B., El, O., & Profesional, T. (2014). *Determinación de las isotermas de adsorción de la harina de plátano verde (Musa paradisiaca L.) en puerto Maldonado-Madre de Dios*.
- Hernández Rendón, R. M., & Blanco Gómez, D. J. (2015). Evaluación de polvos de zanahoria obtenidos por deshidratación por aire forzado a diferentes temperaturas. *IDESIA*, 33.
- Hernández-Santos, B., Juárez-Barrientos, J. M., Torruco-Uco, J. G., Ramírez-Figueroa, E., Ramírez-Rivera, E. de J., A Bautista-Viazcan, V. O., & Rodríguez Miranda, J. (2021). Physicochemical properties of extruded ready-to-eat snack from unripe plantain blends, pineapple by-products and stevia. *Nova Scientia*, 13(27).
<https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2842>
- Honfo, F. G., Togbe, E. C., Dekker, M., & Akissoe, N. (2022). Effects of packaging and ripeness on plantain flour characteristics during storage. *Food Science and Nutrition*, 10(10), 3453–3461. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2946>
- Huamani, A. L., Ponce Ramírez, J. C., & 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>
- ICONTEC. (2021). *NTC 1252 Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad*.
- Jin, Y., Tang, J., & Sablani, S. S. (2019). Food component influence on water activity of low-moisture powders at elevated temperatures in connection with pathogen control. *LWT*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108257>
- Lares Amaiz, M., Gutiérrez, R., Pérez, E., & Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 439–446.
- Leon-Mendez, G., Leon-Mendez, D., Pajaro-Castro, N., Granados-Conde, C., Granados-Llamas, E., & Peña, M. J. B. (2020). Preparation of a biscuit based on banana (*Musa abb*) and sweet potato (*ipomea batatas*) flours. *Revista Chilena de Nutricion*, 47(3), 406–410. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000300406>
- Loo Kung, E. C., Arroyo, A. T., & Arana, J. V. (2013). Optimización de la aceptabilidad general mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao. *Scientia Agropecuaria Scientia Agropecuaria* 4, 191–197. www.sci-agropecu.unitru.edu.pe

- López-Mejía, N., & Morales Posada, N. B. (2020). Optimization of the formulation of gluten-free pasta enriched with dehydrated pumpkin pulp using the method of mix design. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.29918>
- Marlo, G., Granda, M., Auquiñivin, E., & Torres, E. (2015). *Elaboración de un chocolate para taza enriquecido con harina de plátano (musa paradisiaca) y edulcorado con panela*. [Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martínez, R., Perez, E., Talens, P., & Barat, M. (2016). *Caracterización de las propiedades físicas de polvos de cacao sometidos a diferentes niveles de alcalinización*. Universidad politecnica de Valencia.
- Mathlouthi, M., & Rogé, B. (2003). Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. *Food Chemistry*, 81, 61–71. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/abs/pii/S0308814602005344#FIGGR2>
- Mejía, N. L. (2018). *Desarrollo de espagueti y mezcla lista para pancakes enriquecidos con pulpa de zapallo como buena fuente de fibra dietaria y carotenoides*.
- Mepba, H. D., Eboh, L., & Nwaojigwa, S. (2007). Chemical composition, functional and baking properties of wheat-plantain composite flours. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 7(1). <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/136129/125620>
- Ministerio De Protección Social. (2004). *RESOLUCION 2546 DE 2004*.
- Montoya, J., Quintero, V. D., & Lucas, J. C. (2014a). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (Musa paradisiaca ABB). *Temas Agrarios*, 19(2), 214–233. <http://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/123456789/380/736-1334-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montoya, J., Quintero, V. D., & Lucas, J. C. (2014b). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca ABB). In *Julio-Diciembre* (Vol. 19, Issue 2).
- Montoya López, J. (2020). *Formulación de Una Matriz Alimentaria a Base de Harina de Plátano Dominic Hartón (Musa paradisiaca L.) Para el Diseño de Alimentos Funcionales Libres de Gluten*. Universidad Nacional de Colombia .
- Mujica, M., Guerra, & Soto, N. (2008). *Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada*.

- Oliva, M., Carranza, J., & Pérez, D. (2019). Evaluación de los principales parámetros de calidad de panela granulada clarificada elaborada por productores del distrito de Corosha, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 7. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.398>
- Onwuka, G. I., & Onwuka, N. D. (2005). The effects of ripening on the functional properties of plantain and plantain based cake. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 347–353. <https://doi.org/10.1081/JFP-200059489>
- Orjuela, J. (2017). Obtención De Una Bebida Funcional Instantánea A Base De Yerba Mate Y Cassis, Con Alto Contenido De Antioxidantes Y Buena Palatabilidad. *Journal de La Société Des Américanistes*, 27(1), 263–263.
- Ortiz, J. A. R., Carvalho, C. W. P., Ascheri, D. P. R., Ascheri, J. L., & Andrade, C. (2010). Effect of sugar and water contents on non-expanded cassava flour extrudates. *Ci  ncia e Tecnologia de Alimentos*, 30(1), 205–212. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940099030>
- Pabón, M. G., Herrera-Roa, L. I., & Sepúlveda, W. S. (2016). Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia). *Revista Mexicana De Agronegocios*.
- Pacheco Delahaye, E., & Testa, G. (2005). *Evaluacion nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde*.
- Pacheco-Delahaye, E., Pérez, R., & Schnell, M. (2004). EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE POLVOS PARA BEBIDAS A BASE DE PAPAYA, PLÁTANO VERDE Y SALVADO DE ARROZ. ÍNDICE GLUCÉMICO. *Interciencia*, 29(1), 29.
- Perea, A., Martinez, N., Aranzazu, F., & Cadena, T. (2013). *Caracteristicas de calidad del cacao de Colombia* (p. 107). Universidad Industrial de Santander, Federación Nacional de Cacaoteros.
- Quintero, M. L., & Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial de cacao. *Agroalimentaria*, 18(18), 48–60.
- Ramírez, L. M. (2020). *Diseño de un producto horneado adicionado con fibra dietaria proveniente de la cascavilla de cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Reis Filho, J., Lustosa, I. B. S., Sampaio, R. M. M., Moreira, M. da R., Morais, V. D. de, & Sousa, V. S. S. de. (2018). Melhorias do valor nutricional do brownie utilizando farinha do mesocarpo externo do pequi (Caryocar brasiliense camb). *Motricidade*, 14(1), 196–204.
- Ria  o, N. M., Chica, M., Echeverri, G., Aguirre, M., Ortiz, A., Pineda, R., & Olarte, N. (2016). *Contenido de grasa total, perfil de ácidos grasos y triglicéridos proveniente de cacaos*

- finos de aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela.*
<https://www.researchgate.net/publication/314687800>
- Rifna, E. J., Kumar, S., Chakraborty, S., & Dwivedi, M. (2019). Effect of thermal and non-thermal techniques for microbial safety in food powder: Recent advances. *Food Research International*, 126.
- Rocha, A. (2016). *Desarrollo de panificados libres de gluten adicionados con fibra: aplicación de un subproducto de la industria de jugo de manzana* [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de La Plata.
- Rodríguez Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas.*
- Ruano, J. C. L. (2019). *Estudio de la cinética del deterioro de una premezcla de cacao en polvo para preparar bebidas chocolatadas.* Universidad Central del Ecuador.
- Ruiz, D., & Soriano, J. (2014). Efecto de la proporción de pasta de cacao (theobroma cacao l.) Y harina de plátano (musa paradisiaca AAB) en la aceptabilidad general de una mezcla alimenticia. *Revista Científica de Estudiantes, Universidad César Vallejo.*
<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/CIENTIFI-K/article/view/507/379>
- Salvador, S., Montero, E., Salinas, J. D., Escuela, A., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2017). *Elaboración de harina de plátano verde (Musa paradisiaca) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca.*
- Sánchez-Rivera, M. M., González-Soto, R. A., Del Núñez-Santiago, M. C., & Nacional, P. (2017). *Propiedades fisicoquímicas y de digestibilidad de harinas de plátano esterificadas con ácido cítrico.* 2, 434–441.
- Sandoval, A. J., Barreiro, J. A., Tovar, X., & Angueira, M. (2022). *Sorption characteristics of fermented cocoa powder (Theobroma cacao).*
- Sosa, G. (2011). *Formulación de una base de sopa deshidratada de harina de plátano.*
- Ukhun, M. E., & Ukpebor, I. E. (1991). Production of instant plantain flour, sensory evaluation and physico-chemical changes during storage. *Food Chemistry*, 42(3), 287–299.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146\(91\)90071-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90071-U)
- Vargas Mamani, J. J., Vera Vargas, G., & Suppé Tejada, N. (2019). *Caracterización físico-química, microscópica de barrido y dispersión de rayos X del mucílago de cladodios de Opuntia ficus indica en la región alta de Tacna.*

Venegas, R., Torres, A., Rueda, A. M., Morales, M. A., Arias, M. J., & Porras, A. (2022). Development and Characterization of Plantain (*Musa paradisiaca*) Flour-Based Biopolymer Films Reinforced with Plantain Fibers. *Polymers*, 14(4).
<https://doi.org/10.3390/polym14040748>

ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA TESIS DE MAESTRÍA No. 01 DE 2024

En la ciudad de Bogotá, el día 28 del mes febrero del año 2024, el Coordinador de la sustentación pública de la Tesis de Maestría del Programa Curricular maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, levanta la presente acta en la Sede Bogotá, Facultad Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Colombia, para efectos del respectivo registro de calificación en el Sistema de Información Académica y de conformidad con la siguiente información:

ESTUDIANTE	DIANA CAROLINA JIMÉNEZ CASAS				
DNI	1072639644	PLAN	2919	PROGRAMA	Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
TÍTULO DE LA TESIS	Desarrollo de Premezclas a base de harina de plátano (<i>Musa</i> AAB Simmonds) y licor de cacao (<i>Theobroma Cacao</i> L.) para elaboración de bebidas y productos horneados				
ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE APROBACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-649-2023 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023					
DIRECTOR TESIS	María Soledad Hernández Gómez, ICTA UN Sede Bogotá				
CODIRECTOR TESIS	Mary del Carmen Lares Amaiz, Universidad Central de Venezuela				
ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-649-2023 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023					

JURADO DE LA TESIS NOMBRE COMPLETO	TIPO DNI	NÚMERO DNI	ASISTENCIA		TIPO DE VINCULACIÓN		NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD
			Presencial	Videoconferencia	UN	Externo	
1 SANDRA EL KHOURI	CC			X		X	Instituto Superior Tecnología San Isidro con condición Universitaria – Ecuador
2. OSCAR EDUARDO SUAREZ MORENO	CC			X	X		UN, Sede Orinoquía

ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-649-2023
 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023

Terminadas las respectivas deliberaciones y dando cumplimiento a la normatividad establecida, los jurados emiten la siguiente calificación al Trabajo final:

1. **CALIFICACIÓN:** APROBADO (AP): X REPROBADO: NO HAY ACUERDO*:
 * Pasa a Consejo de Facultad o al Comité Académico Administrativo para nombramiento de jurado para dirimir.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> Observaciones: Sólo usar diagramación estándar internacional para facilitar la sustentación gerencial a nivel global. FELICITACIONES POR ASUMIR EL RETO Y GENERAR NUEVOS APORTES PARA LA INNOVACION SOCIAL |
|---|

¹. En el evento que califique con la opción “No hay acuerdo”, mencione brevemente los argumentos dados por cada

uno de los jurados en el momento de la deliberación.

En constancia de lo anterior firman:

JURADOS	
NOMBRE DEL JURADO	FIRMA
Sandra El Khor El Khouri	<i>SKhoury</i>

COORDINADOR DE LA SUSTENTACIÓN:

NOMBRE COMPLETO:

FIRMA: _____

ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA TESIS DE MAESTRÍA No. 02 DE 2024

En la ciudad de Bogotá, el día 04 del mes marzo del año 2024, el Coordinador de la sustentación pública de la Tesis de Maestría del Programa Curricular maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, levanta la presente acta en la Sede Bogotá, Facultad Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Colombia, para efectos del respectivo registro de calificación en el Sistema de Información Académica y de conformidad con la siguiente información:

ESTUDIANTE	LADY PAOLA CORTÉS VEGA				
DNI	1015426388	PLAN	2919	PROGRAMA	Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
TÍTULO DE LA TESIS	Diseño de un producto horneado funcional con inclusión de harina y aceite de Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)				
ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE APROBACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-652-2023 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023					
DIRECTOR TESIS	Luis Felipe Gutiérrez Álvarez, ICTA UN Sede Bogotá				
CODIRECTOR TESIS	María Soledad Hernández Gómez, ICTA UN Sede Bogotá				
ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-652-2023 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023					

JURADO DE LA TESIS NOMBRE COMPLETO	TIPO DNI	NÚMERO DNI	ASISTENCIA		TIPO DE VINCULACIÓN		NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD
			Presencial	Videoconferencia	UN	Externo	
1 SONIA PERTUZ CRUZ	CC			X	X		UN, Sede Bogotá
2. EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL	CC			X	X		UN, Sede Medellín
ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN Oficio número y fecha B.FCA.1.004-652-2023 Especifique: *Consejo de la Facultad Acta 20 del 28 de agosto de 2023							

Terminadas las respectivas deliberaciones y dando cumplimiento a la normatividad establecida, los jurados emiten la siguiente calificación al Trabajo final:

1. **CALIFICACIÓN:** APROBADO (AP): REPROBADO: NO HAY ACUERDO*:

* Pasa a Consejo de Facultad o al Comité Académico Administrativo para nombramiento de jurado para dirimir.

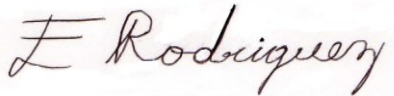

1. Observaciones:

Reconocemos el valioso aporte del trabajo realizado y se constituye en un primer paso para la consolidación de los coproductos derivados de la Sacha Inchi con potencialidad funcional, nutricional y comercial. No obstante, sugerimos que se incluya en la parte de conclusiones y recomendaciones aspectos que permitan identificar claramente las formulaciones promisorias con base en los resultados de las pruebas objetivas y los análisis sensoriales.

¹. En el evento que califique con la opción "No hay acuerdo", mencione brevemente los argumentos dados por cada

uno de los jurados en el momento de la deliberación.

En constancia de lo anterior firman:

JURADOS	
NOMBRE DEL JURADO	FIRMA
Eduardo Rodriguez Sandoval	
Sonia Liliana Pertuz Cruz	

COORDINADOR DE LA SUSTENTACIÓN:

NOMBRE COMPLETO: _____

FIRMA: