



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la obtención de un estabilizante alimenticio

**MENDOZA ÁLVAREZ JEAN CARLOS
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PELAEZ ARMIJOS NAYELY NAHOMI
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

**Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la obtención
de un estabilizante alimenticio**

**MENDOZA ÁLVAREZ JEAN CARLOS
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PELAEZ ARMIJOS NAYELY NAHOMI
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la
obtención de un estabilizante alimenticio**

**MENDOZA ÁLVAREZ JEAN CARLOS
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PELAEZ ARMIJOS NAYELY NAHOMI
INGENIERA EN ALIMENTOS**

AYALA ARMIJOS JOSE HUMBERTO

**MACHALA
2024**



Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la obtención de un estabilizante alimenticio. Nayely Nahomi Pelaez Armijos- Jean Carlos Mendoza Alvarez

< 1% Similitudes
<
1% similitudes entre comillas < 1% entre las fuentes mencionadas

< 1% Textos sospechosos

0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la obtención de un estabilizante alimenticio. Nayely Nahomi Pelaez Armijos- Jean Carlos Mendoza Alvarez.pdf ID del documento: 9d276a8c4f5314d69645728d6a45e3cffe8066b Tamaño del documento original: 1,79 MB Autores: []	Depositante: JOSE HUMBERTO AYALA ARMIJOS Fecha de depósito: 12/2/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 12/2/2025	Número de palabras: 14.362 Número de caracteres: 117.614
---	---	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Daniel Correa_Nicole Rivera_Obtencion de hidrogel de grado alimenticio... #514c35 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (156 palabras)
2	hdl.handle.net Evaluación del reemplazo de grasa en la formulación de un pan tos... https://hdl.handle.net/10819/10505 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (59 palabras)
3	bibliotecadigital.usb.edu.co Evaluación del reemplazo de grasa en la formulación ... https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/19265465-bb6a-4ce4-a8f6-a89b74256ead... 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (58 palabras)
4	dspace.udla.edu.ec http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/15495/1/UDLA-EC-TMDIA-2023-04.pdf 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (52 palabras)
5	revistas.uaautonoma.cl https://revistas.uaautonoma.cl/index.php/jmabs/article/view/2403 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cfe44239-4793-4f3d-984a-3d4710fbc6... Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	www.mdpi.com Cocoa Bean Shell—A By-Product with Nutritional Properties and Bi... https://www.mdpi.com/2072-6643/12/4/1123 Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
3	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2268/1/T-UTEQ-0039.pdf Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
4	www.mdpi.com Cocoa Shell: A By-Product with Great Potential for Wide Application https://www.mdpi.com/1420-3049/23/6/1404 Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
5	pdfs.semanticscholar.org https://pdfs.semanticscholar.org/4694/8352d670f9027368aa9e7f5172f18ce14af3.pdf Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440(20)31817-X
2	https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/58db3a3e-4e08-48cc
3	https://cdn.standards.iteh.ai/samples/3320/117088e36bc74c8789612763a46af4c
4	https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35537
5	https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=9af7171527d

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

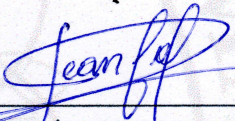
Los que suscriben, MENDOZA ÁLVAREZ JEAN CARLOS y PELAEZ ARMIJOS NAYELY NAHOMI, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de la cascarilla de cacao fino de aroma para la obtención de un estabilizante alimenticio, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

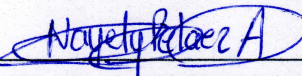
Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.


MENDOZA ÁLVAREZ JEAN CARLOS

0751096538


PELAEZ ARMIJOS NAYELY NAHOMI

0706714904

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, a mis padres por brindarme todo su apoyo, por estar ahí en mis momentos más difíciles siendo inspiración para seguir de pie, permitiéndome construir un buen futuro y poder culminar con éxito mis estudios. A mis hermanos quienes han estado cerca de mi festejando con alegría todo este proceso acompañándome y dándome aliento. Finalmente, a la mamá de Ares, por toda la ayuda que me ha brindado.

Jean Carlos Mendoza Álvarez

Dedico este trabajo de tesis en primera instancia a Dios fuente de mi vida, mi fortaleza y guía en cada paso de este camino. A Jesús, mi salvador, quien con su infinito amor me ha enseñado día tras día el verdadero significado de la fe, la perseverancia para llegar a la meta. En especial dedico este trabajo a mis padres, hermanos y familia por todo el apoyo que me han brindado, a mi gran inspiración hija adorada Victoria quien en momentos de oscuridad ilumino mi sendero. A mi segunda mitad por brindarme su apoyo incondicional, quien siempre me expresa una de las citas más hermosas (2 Timoteo 1:7.) “Porque Dios no nos ha dado espíritu de cobardía, sino de poder, de amor y de dominio propio”. Es por ello que su presencia y aliento me ha regocijado de gratitud, amor y paz necesaria para completar esta etapa de mi vida.

Nayely Nahomi Pelaez Armijos

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme vida, fortaleza y sobre todo por la gran fortuna de tener a mis padres aún con vida y mucha salud. En especial, me siento plenamente agradecido con mis padres, mis hermanas y mi hermano por creer en mí, por siempre estar orgullosos de todo lo que he logrado, por su amor y sacrificio, ya que han sido mi mayor fuente de inspiración. Agradecido de mi querida compañera de tesis por su incondicional apoyo. Además, quiero agradecer a nuestros docentes de la Carrera de Alimentos quienes han sido parte de este largo proceso, a nuestro tutor la Ing. Humberto Ayala y al docente Ing. Fabian Cuenca por su constancia y apoyo y llevar a cabo de manera exitosa nuestro trabajo de titulación.

Jean Carlos Mendoza Álvarez

Agradezco en primer lugar a Dios por obsequiarme el mayor regalo, la vida, fortalecerme con sus dotes de sabiduría y confianza que han sostenido mis propósitos en pie durante esta trayectoria académica. Mi sincero agradecimiento a nuestro Tutor, Ing. Humberto Ayala, por su indeterminada guía, paciencia y apoyo académico. A mi querido compañero de tesis por colaborar arduamente en este trabajo. Agradezco en especial a cada docente por la preparación académica, por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias, los cuales han marcado con infinito cariño y paciencia este camino universitario, que con éxitos ha llegado a su trayecto final.

Nayely Nahomi Pelaez Armijos

RESUMEN

La producción de cacao fino de aroma genera grandes cantidades de cascarilla de cacao, un subproducto rico en celulosa, hemicelulosa y lignina. Esta investigación tuvo como objetivo la transformación química de la cascarilla de cacao en un estabilizante de grado alimenticio. Donde se llevó a cabo un proceso de deslignificación alcalina con el fin de incrementar la pureza y solubilidad del material. El tratamiento más efectivo fue aquel en el que se adicionó 0,1 % de hidróxido de sodio (NaOH), logrando una solubilización completa (100 %) de la cascarilla molida ($\leq 250 \mu\text{m}$). Además, para facilitar la precipitación y posterior eliminación de sales minerales que afectan negativamente la calidad del estabilizante, se incorporó 1 g/L de polietilenglicol (PEG 4000), un agente que interactúa con los minerales formando complejos químicos fácilmente removibles.

En el tratamiento con 0,1 % de NaOH, se alcanzó una pureza de celulosa del 93,76 %, lo que representa un incremento del 38,37 % en comparación con la muestra control. Así mismo, la solubilidad del estabilizante se vio favorecida por la esterificación de la celulosa mediante la adición de ácido clorhídrico (20 %), utilizado para ajustar el pH a un valor neutro (pH: 7). En conclusión, la deslignificación alcalina hidroliza la lignina y confiere hidrofobicidad en la celulosa, permitiéndole formar geles estables a distintas temperaturas y modificando sus atributos sensoriales, como textura, color, sabor y el característico aroma a cacao.

Palabras clave: cacao, deslignificación, metilación, estabilizante, sensoriales

ABSTRACT

The production of fine flavored cocoa generates large quantities of cocoa shell, a by-product rich in cellulose, hemicellulose and lignin. The objective of this research was the chemical transformation of cocoa shell into a food grade stabilizer. An alkaline delignification process was carried out in order to increase the purity and solubility of the material hydroxide (NaOH) was added, achieving a complete solubilization (100 %) of the ground shell ($\leq 250 \mu\text{m}$). In addition, to facilitate the precipitation and subsequent elimination of mineral salts that negatively affect the quality of the stabilizer, 1 g/L of polyethylene glycol (PEG 4000), an agent that interacts with the minerals forming easily removable chemical complexes, was incorporated.

In the treatment with 0.1 % NaOH, a cellulose purity of 93.76 % was achieved, which represents an increase of 38.37 % compared to the control sample. Likewise, the solubility of the stabilizer was favored by the esterification of the cellulose by the addition of hydrochloric acid (20 %), used to adjust the pH to a neutral value (pH: 7). In conclusion, alkaline delignification hydrolyzes lignin and confers hydrophobicity on cellulose, allowing it to form stable gels at different temperatures and modifying its sensory attributes, such as texture, color, flavor and the characteristic cocoa aroma.

Keywords: cocoa, delignification, methylation, stabilizer, sensory.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	8
HIPOTESIS DE INVESTIGACION	9
MARCO TEÓRICO.....	10
1.1 El cacao (Theobroma cacao L)	10
1.2 Morfología del cacao.....	10
1.2.1 Planta	10
1.2.2 Hojas.....	11
1.2.3 Fruto	11
1.3 Cáscara de la almendra de cacao.....	15
1.3.1 Composición de la cascarilla de cacao	16
1.3.2 Propiedades tecnológicas de la cascara	16
1.3.3 Propiedades funcionales	17
1.3.4 Usos de la cascarilla de cacao	18
1.4 Estabilizantes a partir de residuos lignocelulósicos	20
1.4.1 Pectinas.....	21
1.4.2 Celulosas.....	21
1.4.3 Hemicelulosas.....	22
1.4.4 Lignina.....	22
1.5 Métodos de obtención de estabilizantes	22
1.5.1 Extracción química	22
1.5.2 Extracción natural.....	23
1.6 Tipos de estabilizantes alimentarios.....	23
1.6.1 Estabilizantes alcalinos.....	23
1.6.2 Estabilizantes ácidos.....	23
1.6.3 Estabilizantes neutros	25
1.7 Manjar de leche	26
METODOLOGÍA	27
2.1 Lugar de la investigación	27
2.2 Universo y muestra	27
2.3 Tipo de investigación	27

2.4 Materiales, equipos e insumos	27
2.5 Materia Prima.....	29
2.6 Obtención de estabilizante	30
2.6.1 Pretratamiento alcalino-Reactor aerobio (fed-batch)	31
2.6.2 Balance de materia	32
2.6.3 Proceso de Liofilización	32
2.7 Métodos Analíticos.....	33
2.7.1 Determinación de pH.....	33
2.7.2 Determinación de solubilidad.....	34
2.7.3 Determinación de humedad.....	34
2.7.4 Determinación de cenizas.....	35
2.7.5 Determinación de azúcares reductores	36
2.7.6 Determinación de celulosa	36
2.7.7 Determinación de lignina Klason	37
2.7.8 Caracterización de Carboximetilcelulosa sódica.....	38
2.7.9 Determinación de viscosidad.....	39
2.8 Determinación de fibra.....	40
2.9 Aplicación del estabilizante obtenido en la elaboración de manjar	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1 Pretratamiento de la cascarilla de cacao mediante molienda para mejorar sus propiedades tecnológicas y funcionales.	42
3.2 Análisis proximal	43
3.3 Deslignificación de la cascarilla de cacao.....	43
3.4 Metilación química de la cascarilla de cacao	44
3.5 Viscosidad del estabilizante a base de cascara de almendra de cacao.....	45
3.6 Análisis sensorial.....	46
3.6.1 Análisis estadístico	47
3.7 Análisis reológico del producto final	49
3.7.1 Determinación de viscosidad.....	49
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cacao	10
Tabla 2 Composición química de la placenta.....	13
Tabla 3 Composición fisicoquímica del mucílago	14
Tabla 4 Composición química y nutricional de la cascarilla de cacao.	16
Tabla 5 Diseño experimental	31
Tabla 6 Composición de la cascarilla de cacao	43
Tabla 7 Propiedades del estabilizante (CMC) a base de cascarilla de cacao	45
Tabla 8 Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Sabor característico a manjar	48
Tabla 9 Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Sabor (intensidad del dulzor)	48
Tabla 10 Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Olor.....	49
Tabla 11 Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Textura	49
Tabla 12 Viscosidad del manjar E. cacao y manjar comercial	49
Tabla 13 Análisis de Varianza de Viscosidad	50

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Partes del cacao Nacional	12
Figura 2 Mazorca de cacao	12
Figura 3 Grano de cacao	14
Figura 4 Cascarilla del grano de cacao.....	15
Figura 5 Usos de la cascarilla de cacao en diferentes industrias.....	17
Figura 6 Ciclo de obtención de biocombustible de residuos del cacao	20
Figura 7 Estructura química de la pectina	21
Figura 8 Fuentes de celulosas y sus derivados	22
Figura 9 Diagrama de flujo del pretratamiento de la muestra.....	30
Figura 10 Balance de materia para determinar el rendimiento del polvo de cascarilla de cacao.	32
Figura 11 Liofilizador	33
Figura 12 Medición de pH	33
Figura 13 Medición de sólidos totales.....	34
Figura 14 Determinación de humedad	35
Figura 15 Determinación de cenizas	35
Figura 16 Curva de azúcares reductores calibrada	36
Figura 17 Curva de celulosa calibrada	37
Figura 18 Medición de la viscosidad en muestra patrón.....	40
Figura 19 Medición de fibra por espectrofotometría DR 6000 UV-VIS.....	40
Figura 20 Proceso de reducción de tamaño de partícula ($\leq 250 \mu\text{m}$).....	42
Figura 21 Eficiencia de la deslignificación de la cascarilla de cacao con diferentes pretratamientos (0,10 % 0,25 % 1%).....	44
Figura 22 Metilación de la cascarilla de cacao en diferentes porcentajes de NaOH	45
Figura 23 Gráfica de atributos sensoriales de las dos muestras de manjar de leche	47

INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria a nivel global, uno de los mayores desafíos más significativos es la gestión de los residuos obtenidos posterior al procesamiento de frutas por su capacidad de generar contaminación ambiental, además de ello, favorecen a la proliferación de plagas, de las mismas que pueden ocasionar pérdidas significativas dentro de una empresa (Soto, 2024). En la actualidad, los desechos alimentarios representan un componente clave en el sector agroindustrial, ya que, gracias a los avances tecnológicos, se ha logrado identificar y aprovechar su valor nutricional, así como la presencia de compuestos de gran importancia para la industria alimentaria. Esto ha permitido resaltar su potencial como ingredientes funcionales, contribuyendo a la innovación y sostenibilidad en la producción de alimentos (Vargas et al., 2022).

Ecuador es considerado como uno de los países con mayores producciones de cacao en América, destacándose como líder a nivel mundial en cuanto a la producción de cacao fino de aroma, de la cual se generan aproximadamente 290 000 toneladas al año, correspondiendo el 12 % como parte de los residuos generados tras el proceso de industrialización. Estos residuos obtenidos equivalen a unas 34 800 toneladas de subproductos que en su mayoría son desechados y al mismo tiempo, utilizados para el aprovechamiento de sus componentes mejorándolos y convirtiéndolos como parte de otro ingrediente para la elaboración de otros productos (Álvarez & Quilumba, 2018).

Los subproductos de cacao obtenidos a través del procesamiento de la materia prima han captado un considerable interés como parte de una nueva alternativa que permite que sea eficiente en distintos ámbitos industriales, ya sea por su disponibilidad, la capacidad de ser renovada y sobre todo por su bajo costo (Soares & Oliveira, 2022). En el proceso de transformación del cacao en productos de chocolatería, se generan subproductos como la cáscara y la cascarilla, los cuales pueden ser utilizados para desarrollar productos de alto valor en la industria alimentaria. La valorización de estos residuos agroindustriales permite obtener materias primas que pueden ser empleadas en nuevos procesos o productos, contribuyendo a añadir valor, minimizando el impacto ambiental y en algunos casos mejorar las propiedades de productos elaborados con materias primas comerciales (Vargas & Pérez, 2018).

Las propiedades los compuestos presentes en la cascarilla de cacao permiten su utilización dentro de la industria alimentaria y en otros productos, además la adecuada gestión de los residuos y el aprovechamiento de los subproductos derivados de esta industria resultan ser fundamentales para promover una producción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Terán, 2019; Okiyama et al., 2017).

Los compuestos fenólicos derivados de despolimerización de la lignina son reconocidos como fuertes antioxidantes que, con funciones biológicas y farmacológicas importantes, que incluyen anticancerígenos (Kaur & Goyal, 2024).

Los estabilizantes forman parte fundamental dentro de la industria alimentaria, ya que, contribuyen significativamente en proporcionar mejor textura, consistencia y estabilidad de los productos a lo largo de su almacenamiento y de la vida útil. Estos compuestos desempeñan un papel fundamental al prevenir la separación de las fases en emulsiones, además ayuda a garantizar la homogeneidad en suspensiones y geles y mejorar la experiencia sensorial asociado al consumo de alimentos (Rongpipi et al., 2019). Por ello, el objetivo de este trabajo es obtener un estabilizante alimenticio a partir de la cascarilla de cacao fino de aroma mediante el método de acetilación química.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria alimentaria en el mundo, uno de los mayores desafíos más significativos es la gestión de los residuos obtenidos posterior al procesamiento de frutas, vegetales, hortalizas, etc., por su capacidad de generar contaminación ambiental, además de ello, favorecen a la proliferación de plagas, de las mismas que pueden ocasionar pérdidas significativas dentro de la agroindustria (Soto, 2024).

Ecuador ocupa el tercer lugar entre los principales países productores de cacao a nivel mundial, aportando aproximadamente el 7 % de la producción global de este producto, siendo destacado por obtener excelente calidad de cacao ecuatoriano, reconocido como una materia prima clave en la fabricación de productos tanto nacionales como internacionales. De acuerdo con datos obtenidos por Instituto Ecuatoriano De Estadísticas y Censo (INEC, 2024) este cultivo está distribuido en las tres regiones del país, en la cual se producen en 16 de las 24 provincias de Ecuador, en 2023 la superficie total cultivada de cacao, abarcando todas sus variedades a nivel nacional, alcanzó las 609.750 hectáreas, con una producción total de 375.719 toneladas de este fruto.

Hoy en día los desechos alimentarios se han convertido en parte fundamental dentro del sector agroindustrial, ya que, a través de nuevos avances tecnológicos se ha logrado destacar características importantes como la obtención de fuentes de nutrientes y compuestos de gran importancia para la industria alimentaria, de tal manera que permite destacar su potencial como ingredientes tecnológicos y funcionales (Vargas et al., 2022).

Según Zambrano (2019), la cascarilla de cacao, al igual que la mayoría de los residuos agroindustriales, presentan una composición rica en celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, lo cual le otorgan la capacidad de acetilar y formar geles estables. La provincia de El Oro es la quinta en producción de cacao a nivel nacional, lo cual involucra la generación de una cantidad significativa de cascarilla de almendras de cacao, subproducto resultante del procesamiento agroindustrial de cacao.

Uno de los residuos de gran valor nutritivo que se desecha en la agroindustria cacaotera después del tostado de las almendras de cacao es la cascarilla, rica en celulosa (27,04 %) y hemicelulosa (2,97), la cual representa alrededor del 12 % del peso total de la almendra, la cual puede ser aprovechada para la producción de estabilizantes y antimicrobiano útiles en la industria alimentaria (Anoraga et al., 2024). El desconocimiento de las propiedades

tecnológicas y funcionales del polvo de este residuo ha generado el desaprovechamiento y desperdicio de este recurso.

JUSTIFICACIÓN

La generación de cascarilla de almendra de cacao se encuentra alrededor de las 14 052 ton/año, lo cual representa una atractiva materia prima para la producción de estabilizante de alto valor nutritivo y biológico por su alto contenido de holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) y proteínas.

Existen métodos de obtención de estabilizantes alimentarios los cuales implica principalmente la reducción de tamaño de partícula y pretratamientos térmicos, que faciliten el procesamiento y sostenible aplicación a partir de residuos lignocelulósicos, el método más utilizado es la deslignificación química mediante la adición de hidróxido de sodio en concentraciones bajas $\approx 0,1 \%$ y posterior neutralización con ácido clorhídrico al 20%, el cual puede ser aplicado para modificar la textura, sabor y color en el producto que se lo aplique.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Obtener un estabilizante alimenticio a partir de la cascarilla de cacao fino de aroma (*Theobroma cacao L*) mediante acetilación química.

Objetivo específico:

1. Pretratar físicamente la cascarilla de cacao para mejorar sus propiedades tecnológicas y funcionales.
2. Metilar químicamente la cascarilla de cacao para aumentar su solubilidad y pureza del estabilizante.
3. Aplicar el estabilizante obtenido en la elaboración de manjar de leche y evaluar sus características sensoriales.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hi: Al menos una de las concentraciones de estabilizante a base de celulosa obtenida a partir de la metilación química de la cascarilla de cacao, se logró proporcionar las características sensoriales en el manjar de leche siendo similares al de un estabilizante comercial (CMC).

MARCO TEÓRICO

1.1 El cacao (*Theobroma cacao* L)

El *Theobroma cacao* L. conocido comúnmente como cacao, es un árbol de la familia Malvaceae, originario de las zonas tropicales húmeda de América del Sur, especialmente en las regiones centrales y del norte, este cultivo se desarrolló en la región amazónica, donde la planta puede llegar a medir hasta 10 metros de altura, sus frutos oscilan entre 15 a 25 cm de longitud y alberga entre 30 a 40 semillas (Fernández- Jeri et al., 2023; Julca-Otiniano et al., 2021). Este cultivo se divide en varias especies en diferentes partes del mundo, además de ser considerado como uno de los componentes principales para llevar a cabo la elaboración de productos como el chocolate, cada una de estas variedades cuentan con propiedades particulares como el color, tamaño, entre otros (Carranza et al., 2023).

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cacao

Taxonomía	Clasificación
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Esterculiaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

Nota. Adaptado de “Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital por Romero, 2016.

1.2 Morfología del cacao

1.2.1 Planta

El árbol de cacao alcanza una altura de entre 4 a 8 metros y requiere de 4 a 5 años para empezar a producir frutos, alcanzando su pleno desarrollo entre los 8 y 10 años, su tronco es corto y robusto, presenta un crecimiento fimorfico, con brotes ortotrópicos, también

conocidos como chupones, y ramas plagiotrópicas que crecen en forma de abanico. Las ramas principales se desarrollan en verticilos terminales, de los cuales surgen entre 3 y 6 ramillas, formando una estructura conocida como “molinillo”. Esta especie es cauliflora, lo que significa que sus flores brotan directamente sobre el tronco o en ramas antiguas (Camara & Beauger, 2024).

1.2.2 Hojas

Sus hojas se caracterizan por ser de forma alargada y de tamaño medio, se desprenden de las ramas, cada hoja está unida a la rama mediante un pequeño tallo llamado pecíolo, y entre el pecíolo y la rama existe una pequeña protuberancia denominada yema axilar. Una de las principales funciones de la hoja es producir nutrientes que la planta necesita para llevar a cabo su proceso de crecimiento y formación de las mazorcas, conocido como fotosíntesis, requiere luz solar para llevarse a cabo de manera adecuada (Muñoz & Vera, 2023).

1.2.3 Fruto

Una mazorca suele contener entre 20 y 50 semillas, el periodo que transcurre desde la polinización de la flor hasta que la mazorca alcanza su madurez puede oscilar entre 150 y 180 días, lo cual depende del origen genético y del clima en el que se cultiva. En su etapa inmadura, el color de los frutos puede variar; algunos presentan tonos verdes, mientras que otros pueden mostrar matices que van del morado al rojo, sin embargo, todos cambian de color al madurar; los frutos de color verde se vuelven amarillos y aquellos de tonalidad rojiza pueden adquirir un tono anaranjado o rosado, influenciado por su genética (Muñoz & Vera, 2023).

El *Theobroma cacao* L, se compone de un 50 % de cáscara, 25% de pulpa y otros 25% de semillas, estas a su vez están formadas por una cascarilla que representa entre el 12% y el 15% del peso del grano seco, mientras que los cotiledones, conocidos también como grano o almendra de cacao, constituyen entre el 85 - 88% del peso total (Toaquiza, 2022).

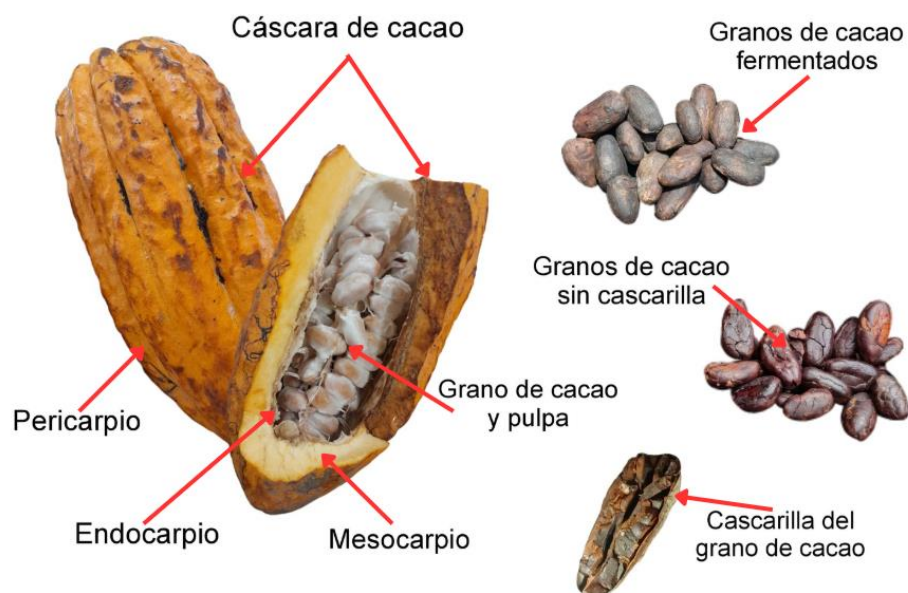


Figura 1 Partes del cacao Nacional

1.2.3.1 Cáscara del fruto de cacao Nacional

La mazorca de cacao corresponde al residuo que queda del fruto maduro tras ser retirado los granos de cacao y la placenta, representando aproximadamente entre el 70 % y el 80 % del peso total del fruto, además, está formada por cuatro capas principales: epicarpio, mesocarpio, esclerótica y endocarpio, considerada como una fuente principal de compuestos bioactivos y de fibras (Sánchez et al., 2023).



Figura 2 Mazorca de cacao

La cáscara del cacao se caracteriza por su alto contenido de fibra, en el mesocarpio, presenta entre un 19,7 % y un 26,1 % de celulosa; en el epicarpio contiene entre un 8,7 % y un 12,8 % de hemicelulosa, así como entre un 14 % y un 28 % de lignina; mientras que en el endocarpio alberga de un 6 % a un 12,6 % de pectina. Como parte de su composición incluye entre un 32 % y un 47 % de hidratos de carbono, entre un 7 % y un

10 % de proteínas, entre un 1,5 % y 2 % de grasas. Además, se encuentra presente minerales esenciales como el potasio, magnesio, sodio, calcio, fósforo y hierro (Indiarto et al., 2021).

1.2.3.2 Placenta

Es caracterizada como la parte central de la pulpa, donde sus semillas están conectadas entre sí, dentro de su estructura contiene una alta concentración de azúcar, junto con la cascara y el mucílago, formando los residuos que no se utilizan mediante el proceso de secado (Tapia, 2016). Además, constituye aproximadamente el 5% del peso total de la mazorca y cuenta con un gran potencial para la elaboración de productos con alto valor agregado gracias a su composición rica en compuestos orgánicos, elementos inorgánicos y fitoquímicos; sin embargo, a menudo es descartada durante el proceso de extracción del cacao (Chuez, 2022).

Tabla 2

Composición química de la placenta

Parámetro	Contenido
Acidez titulable	0.12 %
Humedad	83,52 %
Materia seca	87,88 %
Cenizas	5,65 %
Proteína	9,91 %
Fibra	23,13 %
Grasa	8,90 %

Nota. Adaptado de “*Valor nutricional del maguey deshidratado de cacao (Theobroma cacao L.) nacional para la elaboración de barras nutricionales de uso alimentario*” por Morejón, 2016.

1.2.3.3 Mucilago

El mucílago se identifica por ser una sustancia blanquecina que rodea las semillas del cacao y mediante el proceso de postcosecha, libera un líquido turbio conocido como “«sudoración» este fenómeno ocurre gracias a la acción de los microorganismos, levaduras que se encuentra de forma natural en el fruto debido a su alto contenido de azúcares y de minerales, el mucílago ofrece un entorno ideal para el desarrollo de algunos microorganismos con aplicaciones potenciales dentro del ámbito industrial (Sánchez et al., 2023).

Tabla 3

Composición fisicoquímica del mucilago

Componente	Porcentaje
Agua	85,30 %
Cenizas	3,76 %
Grasa	3,54 %
Proteínas	0,41 %
Sólidos totales	16,17 %

Nota. Adaptado de “*Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade*” por Anvoh et al., 2009, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 129-133.

Como parte de la composición del mucilago, presenta una acidez elevada, con un rango de pH que oscila entre 3,66 y 3,75. Este líquido contiene diversos ácidos, entre ellos el cítrico, málico, acético, oxálico, láctico, fumárico y ascórbico (Anvoh et al., 2009).

1.2.3.4 Almendras de cacao

Las almendras de cacao son valorados principalmente por su sabor y aroma, características clave que influyen en la calidad del producto final y determinan las preferencias de los consumidores hacia los productos derivados del cacao, existen diversos elementos que puedan impactar en la composición química y de las propiedades sensoriales, como la genética del cacao, las condiciones ambientales en las que se cultiva, la cantidad de lluvia, exposición de la luz solar, así como la práctica de cosecha, maduración, recolección, fermentación y secado (Sari et al., 2023).



Figura 3 Grano de cacao

Las almendras de cacao contienen una alta concentración de polifenoles, que representan cerca del 15 % de su materia seca, además, se clasifican en tres grupos principales: proantocianinas (alrededor del 58 %), actequinas o flavan – 3 – oles (aproximadamente

el 37 %) y las antocianinas (cerca del 4 %). La epicatequina o también denominada la catequina más abundante en los granos del cacao, representando cerca del 35 % del total, este compuesto forma parte de los taninos que están presentes en el cacao, de los cuales influyen en cambios de color como en el característico regusto astringente de los granos (Urbanska et al., 2019).

1.3 Cáscara de la almendra de cacao

La cascarilla del grano de cacao se caracteriza por su textura fibrosa, su naturaleza seca y crujiente, así como por su tonalidad marrón distintiva y su aroma similar al del chocolate, tras su separación, se puede contener entre un 2 y 3% de pequeñas partículas de grano que no lograron ser eliminados por completo (Murillo et al., 2020).

Constituye la capa externa que recubre al grano de cacao, equivale entre el 10 – 20 % del peso total, este subproducto está compuesto por hidratos de carbono, fibra alimenticia, grasas, compuestos fenólicos, antioxidantes y vitaminas, aunque generalmente se considera un residuo, su uso se limita a aplicaciones de bajo valor, como la elaboración de fertilizantes o alimentos para animales (Indiarto et al., 2021; Mansur et al., 2014). Además, se caracteriza por poseer una gran fuente de celulosa, hemicelulosa, pectinas y ligninas junto con los compuestos antioxidantes derivados de los fenoles que están presentes (Febrianto, 2019).



Figura 4 Cascarilla del grano de cacao

1.3.1 Composición de la cascarilla de cacao

Existen varios factores que pueden influir de manera significativa en la composición química y nutricional de la cascarilla en la cual se encuentra el tipo de variedad, origen, técnica de cultivo, índice de madurez, proceso fermentativo y secado. Caracterizado por su buena fuente de macronutrientes como hidratos de carbono, fibra, lípidos, proteínas y algunos micronutrientes (vitaminas y minerales) (Rochina, 2021). En la tabla 4 se observa la composición de la cascarilla del cacao.

Tabla 4

Composición química y nutricional de la cascarilla de cacao.

Parámetro	Contenido
Energía (kcal/100 g)	122.00
Humedad (%)	3.60-13.13
Cenizas (g/100 g)	5.96-11.42
Proteínas (g/100 g)	10.30-27.40
Grasas (g/100 g)	1.50-8.49
Carbohidratos (g/100 g)	7.85-70.25
Fibra dietética (g/100 g)	39.25-66.33
Pectina (g/100 g)	7.62-15.59

Nota. Adaptado de “Cocoa bean shell a by product with nutritional properties and biofunctional potential” por Rojo et al., 2020, *Nutrients*, 12(4), 1123.

1.3.2 Propiedades tecnológicas de la cascarilla

La cascarilla de la almendra de cacao, un subproducto de la industria de cacaotera ha demostrado propiedades tecnológicas que son importantes mismas que permiten brindar un gran potencial utilizándolo en diversas aplicaciones tanto industriales como alimentarias.

Figura 5 Usos de la cascarilla de cacao en diferentes industrias



Nota. Adaptado de “Cocoa Bean Shell: A By-Product with high potential for nutritional and biotechnological applications” por Sánchez et al., 2023. *Antioxidants*, 12(5), 1028.

1.3.3 Propiedades funcionales

La cascarilla se destaca por sus propiedades antioxidantes y su elevado contenido de cromo, el cual contribuye a la pérdida de peso, así mismo, el alto nivel de magnesio incluye la presencia de anandamida, considerado como un compuesto exclusivo del cacao y del chocolate. Esta sustancia también puede ser útil en el tratamiento de la depresión y en la mejora del estado de ánimo, además de contribuir de manera significativa a la regulación de los niveles de azúcar en la sangre y del colesterol (Paredes, 2019). Además, se caracteriza por sus propiedades tanto terapéuticas y medicinales, en la cual se encuentra algunos minerales como el magnesio, ácidos oleicos, vitaminas, pectinas (Teneda et al., 2019).

Además, en la CBS se encuentra presente metilxantinas como la teobromina y la cafeína se caracterizan por ser las más representativas o también denominadas como alcaloides, se puede encontrar concentraciones que varían desde 0,6 y 2,7 mg/g (teobromina) y de 0,1 a 1,1 mg/g (cafeína), estos compuestos están vinculados con diversos efectos fisiológicos en los sistemas cardiovascular, gastrointestinal, respiratorio, renal y nervioso, además de poseer propiedades diuréticas y potenciales beneficios anticancerígenos (Sánchez et al., 2023)

1.3.4 Usos de la cascarilla de cacao

Debido a su elevado contenido de compuestos bioactivos, este subproducto puede aprovecharse con otros propósitos, como la obtención de ingredientes para la formulación de nuevos alimentos con beneficios funcionales, una de las alternativas para emplear la cascarilla de cacao en la industria alimentaria es la producción de harinas. Estas harinas pueden diferir tanto en el tamaño de sus partículas, lo cual tienen un impacto significativo dentro de las propiedades fisicoquímica y tecno-funcionales, incluyendo el tipo y las concentraciones de compuestos bioactivos. Además, suele emplearse como combustible para calderas en la industria del cacao y del chocolate o bien puede utilizarse como fertilizante para el suelo, sin embargo, es fundamental destacar que estos subproductos poseen un alto valor comercial si se da un tratamiento adecuado (Botella et al., 2021).

La cascarilla de la almendra de cacao molidas puede emplearse directamente, sin necesidad de modificaciones o que sean sometidas a un proceso de alcalinización antes de utilizarlas como aditivo alimentario. Este subproducto resulta particularmente atractivo para la industria alimentaria debido a su elevado contenido de fibra dietética y la presencia de compuestos fenólicos. Estas características lo hacen adecuado para la elaboración de productos de confitería, panadería y alimentos dietéticos bajos en calorías y ricos en fibra, entre otros. No obstante, su uso más habitual sigue siendo en la alimentación animal (Balentic et al., 2018).

Dentro de estas aplicaciones, algunos de los usos más frecuentes incluyen su incorporación en la industria alimentaria, la producción de piensos para el ganado y su empleo en la fabricación de biocombustibles, absorbentes o compuestos, entre otros (Panak et al., 2018).

1.3.3.1 Alimento balanceado

En Ecuador, la agroindustria produce una variedad de desechos que pueden utilizarse como insumo en la alimentación animal, un ejemplo de ello es la cáscara de cacao, la cual se emplea para favorecer el incremento de peso en los animales. Este subproducto proporciona tanto macronutrientes como micronutrientes y contiene compuestos químicos, como las metilxantinas, que actúan como estimulantes del sistema nervioso central (Chasing, 2024; Calle, 2017).

Se ha evidenciado que la cáscara de cacao puede ser un componente beneficioso en la alimentación del ganado bovino, tanto en la producción de carne como de leche, así mismo su inclusión en las dietas de los rumiantes podría alcanzar hasta un 5% de la ingesta de materia seca como parte del forraje (Makinde et al., 2019).

1.3.3.2 Elaboración de Compost

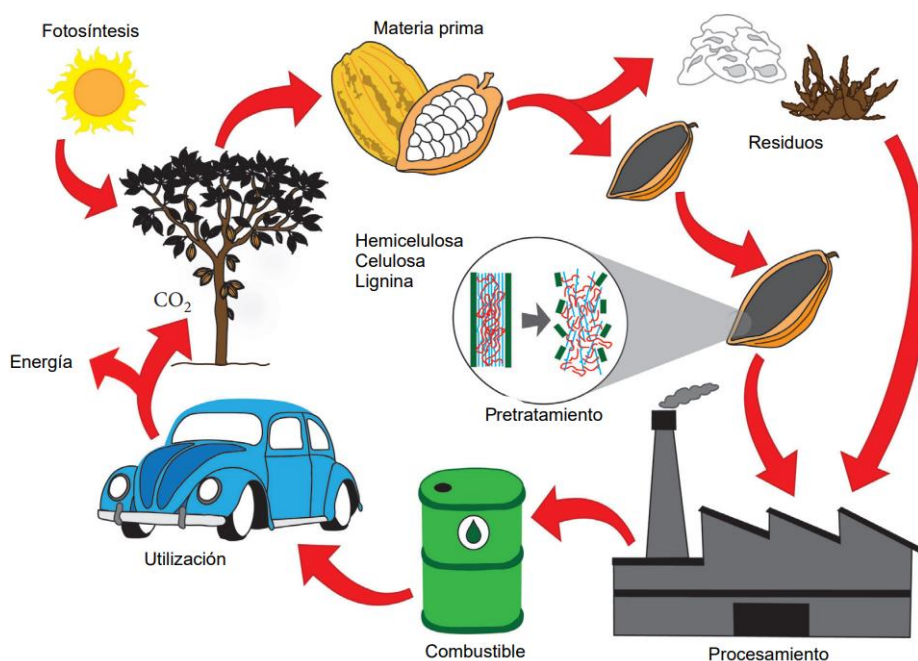
El compost es un abono natural que contribuye a mejorar las propiedades del suelo, favoreciendo la prevención de la erosión y optimización tanto la calidad como la cantidad de los cultivos, su elaboración ofrece múltiples ventajas, ya que no sólo impacta de forma positiva dentro de la producción agrícola, si no también brinda oportunidades de empleo y promueve prácticas ambientales sostenibles y ayuda a disminuir la cantidad de residuos a desechar como la cascarilla de cacao (Sailema, 2021).

1.3.3.3 Biocombustibles

Los desechos generados por el cacao poseen lignocelulosas, un componente útil en la producción de biocombustibles. No obstante, para optimizar su aprovechamiento, es fundamental someterse a un pretratamiento que permita descomponer su estructura y aumentar la disponibilidad de compuestos fermentables (Mendoza et al., 2021).

El biocombustible se caracteriza por ser un combustible en estado sólido, líquido o gaseoso, obtenido principalmente de la biomasa. Se pueden clasificar en tres generaciones: primera, segunda y tercera. Los de primera generación provienen de recursos alimentarios como el azúcar, los ácidos grasos de origen vegetal y almidones. En contraste, los de segunda generación se derivan de biomasa lignocelulósicas, mientras que los de tercera generación se producen a partir de materiales acuáticos, como las algas (Odetoye et al., 2019).

Figura 6 Ciclo de obtención de biocombustible de residuos del cacao



Nota. Adaptado de “Potential Use of Industrial Cocoa Waste in Biofuel Production” por Mendoza et al., 2021, *Journal of Chemistry*, 2021(1), 3388067.

1.3.3.4 Estabilizantes

La cascarilla de cacao tiene diversos usos potenciales, entre los cuales resalta la obtención de pectina, un compuesto esencial dentro de la elaboración de productos alimentarios como, jaleas, salsas y bebidas debido a su capacidad gelificante (Ortiz et al., 2023).

La pectina se desempeña por sus diversas funciones en la industria alimentaria, ya que actúa como agente gelificante, emulsionante, espesante y estabilizante, además de ser un buen sustituto de grasa. Usualmente se extrae de la cáscara de cítrico y de orujo de manzana, sin embargo, también se extrae de residuos agroindustriales como la cáscara de mango y de cacao (Pinkaw et al., 2024).

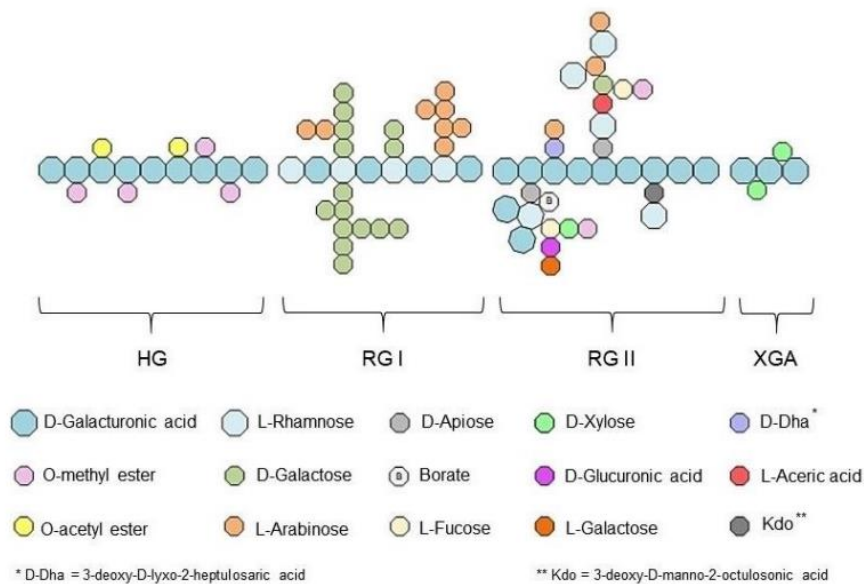
1.4 Estabilizantes a partir de residuos lignocelulósicos

Las actividades agroindustriales producen significativas cantidades de desechos, estos residuos presentan características de las cuales pueden variar de acuerdo con la materia prima utilizada y el proceso productivo que le da origen, sin embargo, comparten un rasgo distintivo, en cuanto a la composición de la materia prima existen proporciones de celulosas, lignina y hemicelulosas (Flores, 2024).

1.4.1 Pectinas

Es un polisacárido que posee propiedades hidrocoloidales, gelificantes y estabilizantes, lo que a la vez lo convierte en un componente ampliamente utilizado dentro de la elaboración de diversos productos ya sean cosméticos, farmacéuticos o alimentarios. En el ámbito alimentario, se emplea como agente gelificante, espesante, texturalizante, emulsificante y estabilizante, además de actuar como sustituto de grasas en alimentos de bajo contenido calórico (Ortiz et al., 2023).

Figura 7 Estructura química de la pectina

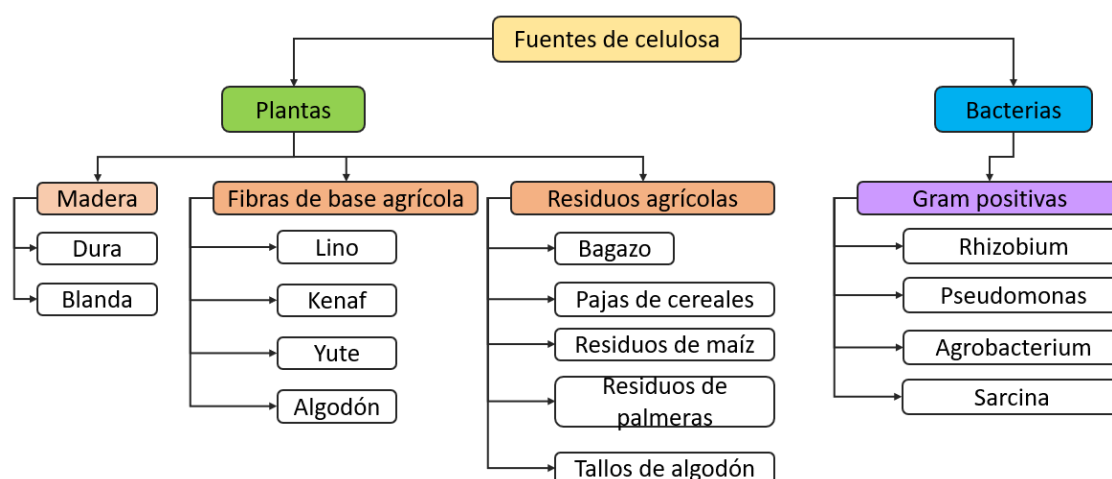


Nota. Adaptado de “Structure and applications of pectin in food, biomedical and pharmaceutical industry: A review” por Freitas et al., 2021. *Coatings*, 11(8), 922.

1.4.2 Celulosas

Se trata de un homopolímero de estructura lineal compuesto por unidades de D-glucopiranososa, unidas mediante enlaces β 1,4 glicosídicos. Este polímero constituye el principal elemento estructural de las paredes celulares en las plantas, representando habitualmente entre el 35 % y el 50 % de su composición, sin embargo, este porcentaje puede variar dependiendo del tipo de planta (Moscoso, 2022).

Figura 8 Fuentes de celulosas y sus derivados



Nota. Adaptado de “Recent advances in cellulose-based hydrogels: Food applications” por Nath et al., 2023. *Foods*, 12(2),350.

1.4.3 Hemicelulosas

Compuesto presente en la pared celular y está relacionada con la celulosa, cuya estructura interna está formada por pentosas y hexosas mismas que son diferentes de la glucosa, unidas consigo mismas con un grado de polimerización que varía entre 100 y 200, este estabilizante se compone por beta y gama celulosa (Valdivieso, 2020). Estos compuestos se encuentran enlazados mediante enlaces glucosídicos β -1,4 y en algunas ocasiones, a través de enlaces (Mendoza et al., 2021; Sharma et al., 2019).

1.4.4 Lignina

La lignina está presente en diversas partes de la estructura celular de las plantas y se describen como un compuesto aromático de estructura ramificada, generado de forma aleatoria a partir de unidades de fenilpropano. Este heteropolímero cumple una función esencial al aportar rigidez estructural, además de proporcionar resistencia frente a la tensión y la presión del agua en los tejidos (Centeno, 2022).

1.5 Métodos de obtención de estabilizantes

1.5.1 Extracción química

La extracción química puede lograr un rendimiento que varía entre el 10 % y el 60 % dependiendo de los reactivos empleados, entre los procesos más utilizados se encuentra el método de Kraft con un rendimiento del 25 %; el proceso de Sosa alcanza valores entre

13 % y 40 % y en el proceso de Santanocito con un rendimiento del 10 %. En los procedimientos químicos se emplean ácidos y bases para descomponer la matriz compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina en polímeros de menor tamaño (Ibarra, 2023).

1.5.2 Extracción natural

En este método de extracción, la materia prima es triturada bajo condiciones controladas de temperatura y de presión, posteriormente las fibras son sometidas a un proceso de lavado y la pasta resultante se somete a un blanqueo, permitiendo ofrecer un mejor rendimiento, aunque la pureza final del producto sea baja (Criollo, 2018).

1.6 Tipos de estabilizantes alimentarios

Los estabilizantes son compuestos o sustancias que facilitan la homogeneidad de los alimentos, evitando su separación tras la mezcla, algunos de los ejemplos comunes de estos aditivos incluyen el agar, sales de sodio, potasio, entre otros (Wu et al., 2021). Tanto los emulsionantes, como estabilizantes y espesantes comprenden con las funciones similares siendo parte del grupo de E400-E499.

1.6.1 Estabilizantes alcalinos

Estos aditivos se caracterizan por obtener un pH superior a 7 y se emplean para contrarrestar la acidez, optimizar la textura y favorecer el proceso de fermentación en algunos productos alimentarios.

1.6.1.1 Bicarbonato de sodio

El bicarbonato de sodio caracterizado por ser un compuesto cristalino y soluble en agua, mismo que permite equilibrio en el pH en líquidos con elevadas concentraciones de cloro, el uso de este compuesto es común para la optimización de la calidad sensorial de los productos alimenticios, influyendo de manera significativa en aspectos como el color, sabor y sus propiedades reológicas (Flores, 2024; Kang et al., 2021).

1.6.2 Estabilizantes ácidos

Los estabilizantes ácidos se caracterizan por que su pH siempre será menor a 7 de tal forma que estos aditivos se usan para poder controlar la acidez de algún producto

alimentario, así mismo mejorar la estabilidad y prevenir que haya presencia de microorganismos.

1.6.2.1 Ácido cítrico

El (AC) es un compuesto orgánico presente en diversas frutas, tales como, limones, naranjas, limas, pomelos y piña. Dentro de la industria alimentaria, se emplea debido a sus propiedades antioxidantes, las cuales ayudan a preservar los alimentos, además se utiliza como estabilizante y acidulante, realizando el sabor y el aroma de productos como jugos de frutas, mermelas y helados (Behera et al., 2021).

1.6.2.2 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico, también conocido como vitamina C en su forma enantiómero L, se caracteriza por ser un compuesto de seis átomos de carbono vinculado estructuralmente a los azúcares C6, además de las funciones biológicas que cumple, este ácido se emplea como antioxidantes para preservar tanto las propiedades nutricionales como sensoriales de los alimentos, así mismo actúa como un agente que previene el oscurecimiento de frutas y verduras al inhibir el proceso de oxidación (Yin et al., 2022).

1.6.2.3 Ácido tartárico

El Ácido Tartárico, cuyo nombre químico es ácido 2,3-dihidroxisuccinico y cuya fórmula molecular es $C_6H_6O_6$ posee dos carbonos quirales, lo que da origen a tres isómeros ópticos tales como: dextrógiro, levógiro y meso. Este compuesto se encuentra en diversas frutas como las uvas, plátanos, espinos y tamarindos (Cui et al., 2024).

1.6.2.4 Ácido láctico

El ácido láctico tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria, incluyendo su uso dentro de la fabricación de bebidas actuando como conservante, agente de fermentación, acidulante, realzador de sabor, además de atribuye propiedades antioxidantes, prebiótico y espesante. Este compuesto se obtiene a través de la glucólisis en un ambiente anaeróbico y puede originarse a partir del metabolismo de hexosas y pentosas por bacterias ácido-lácticas (Abedi & Hashemi, 2020).

1.6.3 Estabilizantes neutros

Por otro lado, los estabilizantes neutros son aquellos que su pH siempre estará intermedio de la escala, es decir, cercano a 7, estos aditivos se utilizan con el fin de mejorar la textura sin alterar de manera significativa la acidez del producto.

1.6.3.1 Goma Guar

La goma guar es un compuesto versátil con múltiples aplicaciones en la industria debido a su habilidad para establecer enlaces de hidrogeno con las moléculas de agua, además posee una notable capacidad espesante, superando en hasta ocho veces la efectividad de otros agentes, como la goma arábica y tragacanto o almidón de maíz. Su alta eficiencia permite alcanzar la viscosidad deseada con una mínima cantidad de producto (Tahmouzi et al., 2023; Yousif et al., 2017)

1.6.3.2 Goma xantana

La Goma xantana se caracteriza por no formar geles, el cual se desarrolla en ambientes acuosos con una cadena rígida y ordenadas, este biopolímero tiene una alta solubilidad tanto en agua fría como caliente, lo que le permite generar soluciones de alta viscosidad, incluso en concentraciones bajas. Gracias a su estabilidad frente a cambios de temperatura y pH, es ampliamente utilizado en diversas industrias (Ramos et al., 2023).

1.6.3.3 Celulosas y derivados

Este polímero es el más común en la Tierra ya que se puede extraer de plantas, algas, microorganismos y animales, además de ser sintetizado tanto de forma química como enzimática. Por otro lado, existen tres tipos de celulosa, según su origen, características y métodos de producción: monocristales de celulosa, nano fibras de celulosa, y celulosas bacterianas (Kamal et al., 2022).

1.6.3.4 Alginatos

Son polisacáridos formados por unidades de ácido β -D-manurónico y α -L-gulurónico, que ambos organizan sus estructuras en bloques de MG, este material natural es biodegradable y biocompatible con una notable capacidad para absorber entre 200 y 300 veces su peso en agua y debido a sus características, los alginatos han ganado gran

relevancia siendo fundamental en una variedad de aplicaciones y sectores (Gheorghita et al., 2020).

1.7 Manjar de leche

De acuerdo con la Normativa INEN 700-1, se define al manjar de leche o dulce de leche como “Es el producto obtenido a partir de leches adicionadas de azúcares que por efecto del calor adquiere su color característico, y otros ingredientes permitidos” (NTE INEN, 2011).

METODOLOGÍA

2.1 Lugar de la investigación

El estudio experimental se realizó en los laboratorios de Bioconversión LI-BC de la carrera de Alimentos, perteneciente a la Facultad Ciencias Químicas y de la Salud, ubicada en la Universidad Técnica de Machala, vía Machala-Pasaje, que se encuentra en la provincia de El Oro. El clima de esta ciudad es semiárido cálido con una temperatura promedio de 26°C con una humedad relativa del 84 %, con este porcentaje de humedad alto efectúa que la sensación térmica se eleve hasta los 36 °C o más.

2.2 Universo y muestra

Las muestras utilizadas en esta investigación fueron obtenidas de una finca aleatoria de la parroquia “El Progreso” ubicada en el cantón Pasaje de la provincia de El Oro. La recolección se llevó a cabo de forma manual, seleccionando adecuadamente la mazorca usando las herramientas ideales para la cosecha.

2.3 Tipo de investigación

Este estudio se desarrolló como un proyecto de carácter descriptivo, indagación y experimental.

2.4 Materiales, equipos e insumos

Materiales de laboratorio

- Vaso de precipitación 50mL, 100mL, 250mL, 600mL, 1000mL
- Probeta graduada de 50mL, 1000mL
- Bureta con soporte
- Pinza de acero inoxidable
- Embudo de vidrio con soporte
- Gradilla
- Envases de vidrio ámbar
- Pipeta de 1mL
- Micropipetas 10uL, 1000uL
- Balones volumétricos 100mL, 250mL, 500mL
- Espátula

- Piseta
- Pera
- Papel filtro Whatman #1
- Cápsulas de porcelana
- Crisoles de porcelana
- Celdas de cuarzo
- Tubos de ensayos 10mL
- Tubo eppendorf
- Fundas de ziploc
- Mandil de laboratorio
- Guantes
- Mascarilla
- Cofia
- Moldes de silicón para chocolates

Equipos

- Agitador magnético
- Balanza analítica
- Estufa
- pH- metro
- Termómetro
- Desecador
- Campana de extracción
- Espectrofotómetro
- Mufla
- Desintegrador
- Centrifugadora
- Liofilizador
- Refrigeradora
- Agitador de tamices
- Autoclave
- Biorreactor experimental de 1000 mL
- Molino
- Refinadora
- Turbomix

- Viscosímetro

Reactivos

- Reactivo DNS (Dinitrosalicílico)
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.75%, 1%, 1.25%
- Solución de ácido sulfúrico 72%
- Solución de ácido clorhídrico 20%
- Agua destilada
- Agua desionizada
- Fenol 5%
- Polietilenglicol (PEG) 4000
- Etanol 95%
- Etanol 85%
- Ácido nítrico
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,3 N
- Solución de ácido clorhídrico 0,3 N
- Carboximetilcelulosa (CMC)
- Fenolftaleína

Recursos físicos

- Leche de granel
- Cascarilla de almendra de cacao
- Azúcar
- Bicarbonato de sodio

2.5 Materia Prima

La aplicación de pretratamientos se efectuó con el objetivo de disminuir la resistencia estructural de la materia, que permite la extracción más eficiente de componentes lignocelulósicos. Los diversos procesos que se llevaron a cabo facilitan el rompimiento de la estructura amorfa de la celulosa, aplicando pretratamientos de molienda y procesos químicos que minimizan el tamaño de partículas.

La obtención de cascarilla de cacao de variedad nacional, se incidió desde la recepción de almendras, luego el proceso de tostado a una temperatura de 140 °C por 20 minutos se procedió a descascarillar, seguidamente se lavó con agua destilada hasta eliminar residuos, se sometió un secado a 65 °C por 48 horas, se pulverizó con un desintegrador,

modelo HSD-400 A, se utilizó un tamiz estándar de 250 μm , la materia obtenida se conservó en bolsas de plástico resistentes hasta su próximo uso (Flores, 2024)

2.6 Obtención de estabilizante

A continuación, se aprecia el diagrama de flujo del pretratamiento de la muestra.

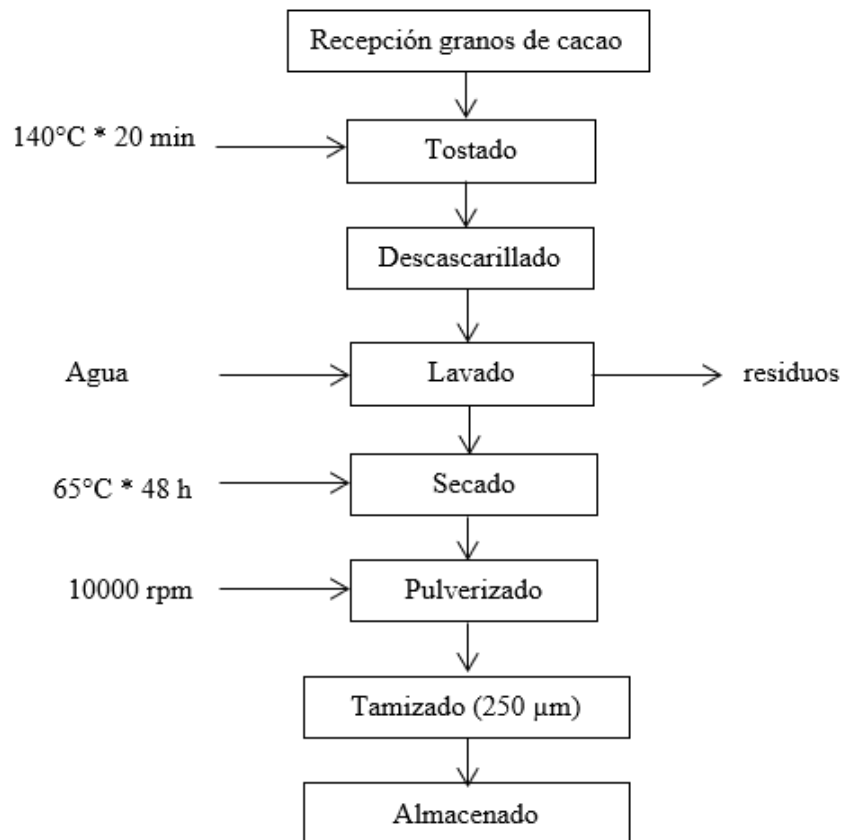


Figura 9 Diagrama de flujo del pretratamiento de la muestra

Descripción:

Recepción: Se recogió y seleccionó los granos de cacao en buenas condiciones para el inicio de su proceso.

Tostado: Los granos se tostaron a una temperatura de 140 °C durante 120 minutos, se realizó el tostado con total uniformidad para facilitar el consecuente paso.

Descascarillado: Se descascarillo de forma manual e individual cada grano para su retirada completa la cascarilla.

Lavado: Se lavó con agua destilada para la remoción de impurezas y libre de contaminantes.

Secado: Se secó en una estufa MEMMERT ULE 400, a una temperatura de 65 °C durante 48 horas.

Pulverizado: Se pulverizó con ayuda un desintegrador modelo HSD-400 A, con una revolución de 10 000 rpm hasta la reducir el tamaño de partículas de la cascarilla para su siguiente proceso.

Tamizado: Se tamizó con ayuda de un tamiz estándar de 250 µm, obteniendo la reducción del tamaño de partículas requerido.

Almacenado: Se almacenó el polvo obtenido y se conservó en bolsas de plástico resistentes hasta su posterior uso.

2.6.1 Pretratamiento alcalino-Reactor aerobio (fed - batch)

Para el proceso de deslignificación alcalina en la cascarilla de cacao ($\leq 250 \mu\text{m}$) se preparó una solución de polvo de cascarilla de cacao (50 g/l) y se aforo a 1lt con agua destilada, se colocó en un reactor modelo Tec- Bio- T, se agitó a 300 rpm por 40 minutos, seguidamente se tomó pH inicial aplicando una sonda de electrodo OAKTON WD-35805-04 (Sun et al., 2014), (Huang et al., 2018). Se varió la concentración de alcalis en 3 concentraciones diferentes, para establecer la concentración óptima de hidróxido de sodio que se debe adicionar al proceso de deslignificación de cada tratamiento con el objetivo de concentrar celulosa para la obtención del estabilizante. Posteriormente se aplicó agitación a 200 rpm a temperatura (50 ° C) por 60 min, manteniendo baño termostático y controlando temperatura y tiempo (Wang et al., 2019). Se midió el pH en cada tratamiento obteniendo resultados alcalinos, seguido de ello se adicionó ácido clorhídrico al 20% con ayuda de una bureta de 25 ml, tomando en cuenta intervalos como tiempo y volumen expresado en ml consumidos de (HCL) hasta obtener un pH neutro. Luego retiramos cada concentración, quedando lista para su siguiente etapa.

A continuación, en la Tabla 5 se muestra el diseño del experimento aplicado.

Tabla 5

Diseño experimental

Deslignificación [%] NaOH

HCl	0,1	0,25	1
[1]	1,70 %	1,42 %	4,42 %
[2]	1,64 %	1,31 %	5,00 %
[3]	1,58 %	1,21 %	4,68 %

Para reducir la mayor cantidad de lignina presente en la cascarilla de cacao, se aplicó 3 diferentes concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) y de esta manera lograr mayor pureza y solubilidad de la celulosa presente en esta muestra.

Variable respuesta:

Concentración de celulosa

Muestra objeto de estudio

Cascarilla de cacao tostada y molida (≤ 250)

2.6.2 Balance de materia

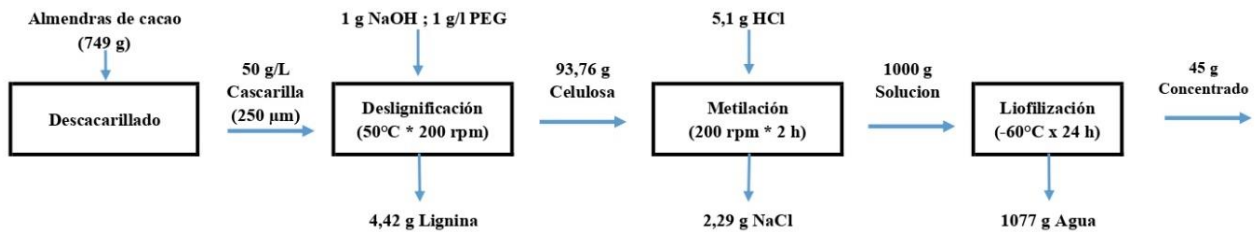


Figura 10 Balance de materia para determinar el rendimiento del polvo de cascarilla de cacao.

2.6.3 Proceso de Liofilización

Se utilizó un liofilizador de la marca Biobase BK-FD10P en el cual se congeló la muestra a -60°C y luego se sublimó por 24 horas a 0.1pa de vacío.



Figura 11 Liofilizador

2.7 Métodos Analíticos

2.7.1 Determinación de pH

Se pesó 2 gramos de muestra y se colocó en un matraz de aforo con volumen (125 ml), se añadió 20 ml de agua destilada para lograr una proporción (1:10), para mantener la mezcla en agitación continua durante 4 h, se utilizó un agitador magnético. Se dejó reposar durante 1 h, después de que la muestra formó sedimento, se procedió a filtrar y seguidamente se midió el pH (Romero et al., 2014).

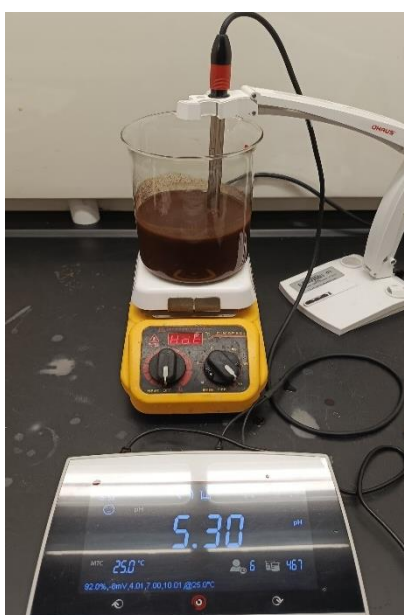


Figura 12 Medición de pH

2.7.2 Determinación de solubilidad

Se determinó de manera fundamental el contenido de sólidos totales (ST) y de sólidos solubles (SS) en cada muestra rehidratada. Se pesó 1 g de la muestra y se mezcló con 9 ml de agua destilada en un vaso precipitado, manteniendo una temperatura de 20°C y una agitación magnética constante a 750 rpm por 5 minutos. Para medir los ST, una porción del líquido rehidratado fue sometido a secado en una estufa a 60 °C durante 24 horas, obteniendo así el peso seco. Para determinar los SS, se tomó otra parte de la muestra rehidratada, que fue centrifugada a 10 000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante resultante se filtró utilizando un filtro de jeringa con papel Whatman n°1, y el filtrado obtenido se secó bajo las mismas condiciones que los ST (Sapper et al., 2015).



Figura 13 Medición de sólidos totales

2.7.3 Determinación de humedad

El contenido de humedad se determinó pesando 10 gramos de polvo de cascarilla de cacao en una cápsula tarada, luego se eliminó el agua de la muestra calentándose en una estufa a 110 ± 5 °C durante tres horas. Se dejó enfriar la cápsula con la muestra en un desecador hasta temperatura ambiente, luego se pesó la cápsula más la muestra en una balanza analítica, se repitió este procedimiento hasta alcanzar el peso constante en la muestra (AOAC, 2002).

El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente fórmula.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 = \frac{W_w}{W_t} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad, (%)

(%) W_w = Peso del agua

W_s = Peso seco del material

W_1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos

W_2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:

W_t = es el peso de tara, en gramos

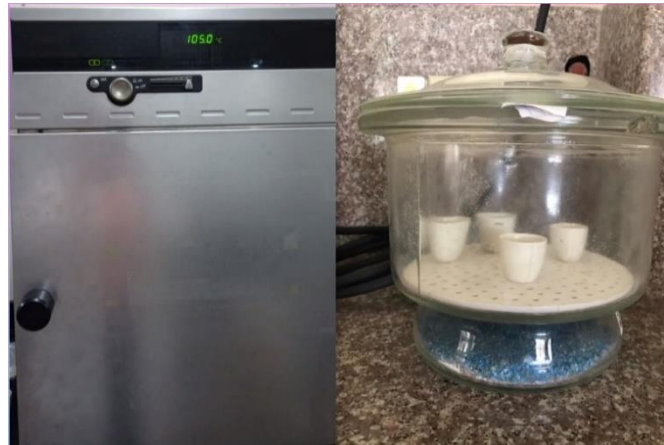


Figura 14 Determinación de humedad

2.7.4 Determinación de cenizas

La muestra completamente seca, se pesó con precisión (1 g) y se colocó en crisoles de porcelana previamente tarados, colocándolo en la mufla (Hobersal, HK-11) a 550 °C durante 3 horas. Las muestras calcinadas se almacenaron en un desecador hasta que se alcanzó la temperatura ambiente. El contenido de cenizas se determinó gravimétricamente (Gomes *et al.*, 2016).



Figura 15 Determinación de cenizas

2.7.5 Determinación de azúcares reductores

Se centrifugó las 20 muestras de solución por ocho minutos a 4000 revoluciones por minuto. Donde se añadió 0,25 ml de muestra y 0,25 ml del reactivo DNS en tubos tapa rosca cubiertos con papel aluminio para proteger la reacción de la luz. Los tubos se colocaron en un baño termostático a 92 °C por cinco minutos. Se detuvo la reacción con enfriamiento en hielo por otros cinco minutos y se agregó 2,5 ml de agua destilada a cada tubo, se agito y se realizó la lectura de la absorbancia a 540 nm en espectrofotómetro (Burgos, 2020).

La cuantificación de celobiosa se realizó mediante curvas de calibración construida en el rango de 0, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000 mg * L⁻¹ de concentración de estándares preparados manualmente, donde el equipo provee automáticamente la concentración de celobiosa en mg * L⁻¹.

La curva de calibración se obtuvo de la correlación entre la absorbancia y la concentración de los azúcares reductores (Figura 16).

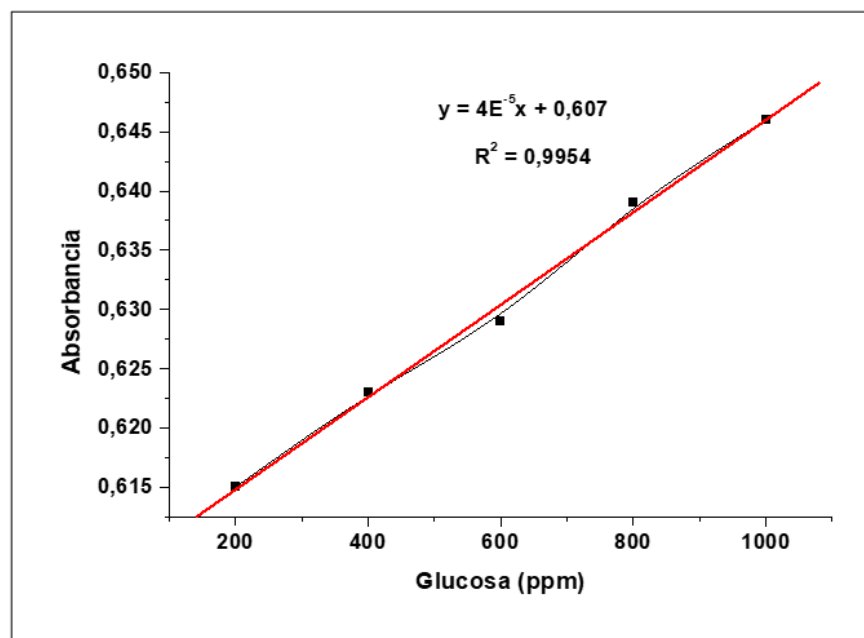


Figura 16 Curva de azúcares reductores calibrada

2.7.6 Determinación de celulosa

Método fenol-ácido sulfúrico

Se preparó 2 ml de solución de hidratos de carbono, en la cual se añadió 1 ml de solución acuosa al 5 % de fenol en un tubo de ensayo. Seguido, se adicionó 5 ml de ácido sulfúrico concentrado a la mezcla. Los tubos de ensayo se dejaron en reposo durante 10 min, se

agito constantemente por 30 segundos, se colocó durante 20 min en baño de agua a temperatura ambiente hasta cambiar la tonalidad. De acuerdo con el procedimiento descrito, se preparó el blanco y la solución patrón utilizando el carbohidrato requerido. Finalmente, la solución lista se llevó a una celda para la medición en espectrofotómetro programando la longitud de onda a 490 nm y se procede a leer la absorbancia (Cruz & Soler, 2014).

La curva de calibración se obtuvo de la relación directa entre el área del pico de celulosa y las relaciones de las respectivas concentraciones (Figura 17).

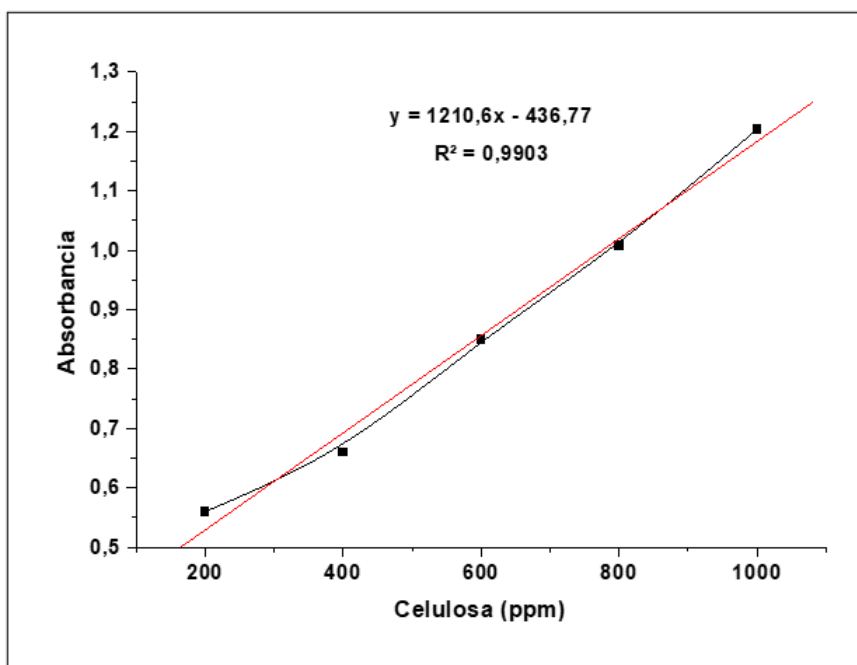


Figura 17 Curva de celulosa calibrada

2.6.7 Determinación de lignina Klason

Se determinó de manera fundamental el contenido de sólidos totales (ST) y de sólidos solubles (SS) en cada muestra rehidratada. Se tomó 1 g de la muestra y se mezcló con 9 ml de agua destilada en un vaso precipitado, manteniendo una temperatura de 20°C y una agitación magnética constante a 750 rpm por 5 minutos. Para medir los ST, una porción del líquido rehidratado fue sometido a secado en una estufa a 60 °C durante 24 horas, obteniendo así el peso seco. Para determinar los SS, se tomó otra parte de la muestra rehidratada, que fue centrifugada a 10 000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante resultante se filtró utilizando un filtro de jeringa con papel Whatman n°1, y el filtrado obtenido se secó bajo las mismas condiciones que los ST (Márquez, 2021).

Lignina total sin extracto

$$\%Lignina_{Libre\ extractos}=\%AIL+\%ASL$$

Lignina total

$$\%Lignina_{Muestra\ completa}=(\%Lignina_{Libre\ de\ extractos})\times\left(\frac{100 - \%Extractivos}{100}\right)$$

Dónde:

% extractos = porcentaje de extractos en la muestra

Las ligninas insolubles en ácido y solubles en ácido se combinaron y reportaron como lignina total.

$$\%Lignina_{Extracto\ libre}=\%AIL+\%ASL$$

Donde:

AIL = Lignina insoluble en ácido

ASL = Lignina soluble en ácido

2.7.8 Caracterización de Carboximetilcelulosa sódica

Se realizó la caracterización de carboximetilcelulosa sódica mediante la norma estándar ASTM D1439-97, la cual indica que se debe pesar alrededor de 4 g de la muestra en un vaso precipitado de 250 ml, agregar 75 ml de alcohol etílico (95 %). Se agitó la mezcla con un agitador neumático hasta conseguir una suspensión espesa. Se incorporó 5 ml de HNO₃ mientras se mantiene la agitación durante 2 minutos, mientras se calienta la suspensión, se procedió a hervir durante 5 minutos. Luego, se retiró el fuego y se siguió agitando durante 15 minutos. Se decantó el líquido sobrenadante a través de un filtro y transferir el precipitado al filtro utilizando entre 50 y 100 ml de alcohol etílico (95 %). Se lavo el precipitado con alcohol etílico (80 %) calentado a 60 °C hasta que se elimine completamente el ácido. Finalmente, se lavó el precipitado con una pequeña cantidad de metanol anhidro y aspirar aire a través de él hasta que el alcohol se elimine por completo. Se decantó el precipitado a un plato de pesaje de vidrio, se secó el plato sin cubrir en un baño de vapor hasta que el olor a alcohol desaparezca, nuevamente se secó el plato y su contenido, durante 3 horas a 105 °. Se colocó la tapa sobre el plato y se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador. El contenido de cenizas de sulfato de la muestra

debe ser inferior al 0,5 % cuando se determina en 0,5 g de la muestra. Si el contenido de cenizas es superior al 0,5 %, se tendrá que repetir el lavado de la muestra con alcohol etílico (80 %). Nuevamente se pesó, con una precisión de 0,01 g, entre 1 y 1,5 g de carboximetilcelulosa ácida seca (dependiendo de la normalidad del ácido y la base a utilizar) en un matraz Erlenmeyer de 500 ml; Seguido de agregó 100 ml de agua y 25 ml de solución de NaOH de 0,3 a 0,5 N mientras se agito, se calentó la solución hasta que hierva y dejar hervir durante 15 a 30 minutos, luego se tituló el exceso de NaOH, mientras la solución esté caliente, con HCl de 0,3 a 0,5 N hasta alcanzar el punto final indicado por la fenolftaleína (ASTM, 1997).

Cálculo del grado de eterificación, G, con la siguiente ecuación:

$$A = (BC - DE)/F$$

$$G = 0,162A/(1 - 0,0584A)$$

Donde:

A = Miliequivalentes de consumo de ácido por gramo.

B = Volumen de NaOH añadido.

C = Concentración de Normalidad de NaOH añadido.

D = Volumen de consumo de HCL.

E = Concentración en normalidad de HCL usado.

F = Carboximetilcelulosa usada en gramos.

162 = Masa molecular en gramos de la unidad de anhidro glucosa de celulosa

58 = Aumento neto de la masa molecular de la unidad de anhidro glucosa por cada grupo carboximetilo sustituido.

2.7.9 Determinación de viscosidad

2.7.9.1 Medición de viscosidad

La medición de la viscosidad de las muestras como: muestra patrón Carboximetilcelulosa (CMC), concentradas (0,25 %, 0,1 %) y producto final obtenido (manjar comercial, manjar con sustitución del estabilizante obtenido), se midieron con ayuda de un viscosímetro rotatorio de marca Fungilab ViscoLead modelo ONEL 100220, (Lima, Perú) para obtener la lectura de la viscosidad, se colocó cada muestra en un vaso Berzelius (250 ml) empleando el husillo rotatorio L4 a una velocidad de 50 rpm, estos factores

dependerán del tipo de fluido que tenga cada muestra, para el caso del producto final el número de revoluciones debe ser de 1 rpm. (Erreyes & Aguilar, 2024).

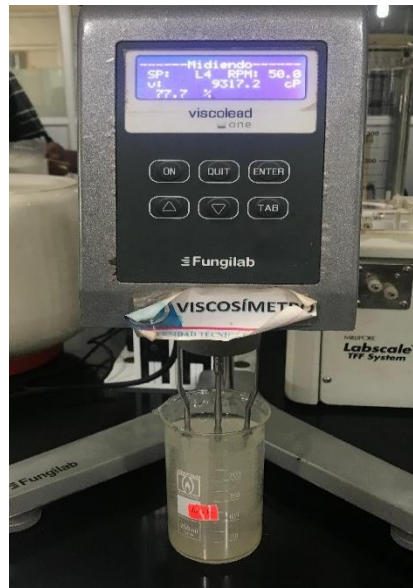


Figura 18 Medición de la viscosidad en muestra patrón

2.8 Determinación de fibra

Se pesó el vaso de precipitación y se calibró la balanza a cero, para luego pesar el vaso y tarar; además se agregó 1g de muestra de nuestro producto final al vaso de precipitación. Seguido disolver la muestra en el vaso de precipitación con 100 ml de agua destilada, se adicionó 10 ml de la muestra disuelta en la celda de cuarzo donde se llevó a cabo la lectura en un espectrofotómetro a una absorbancia de 570 nm (Burgos, 2020). Se realizó la medición por triplicado para obtener una media.



Figura 19 Medición de fibra por espectrofotometría DR 6000 UV-VIS

2.9 Aplicación del estabilizante obtenido en la elaboración de manjar

Para la elaboración de un manjar de leche, se utilizó el estabilizante obtenido como sustituto de los estabilizantes que normalmente se usa en este tipo de productos, la cantidad de estabilizante utilizado fue de 0,10% en relación con el peso volumen de la leche. Los resultados de la funcionalidad del espesante fueron evaluados mediante escala hedónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pretratamiento de la cascarilla de cacao mediante molienda para mejorar sus propiedades tecnológicas y funcionales.

Para mejorar la solubilidad y eliminar la lignina presente en la cascarilla de cacao se redujo el tamaño de partícula a $\leq 250 \mu\text{m}$. El tamaño de las partículas es un factor fundamental que influye en la eficacia del aprovechamiento de residuos agroindustriales (Saelor et al., 2024).

A continuación, se muestra los procesos utilizados.



Figura 20 Proceso de reducción de tamaño de partícula ($\leq 250 \mu\text{m}$)

La reducción de tamaño de partícula por molienda es el principal método para el aprovechamiento de la cascarilla de cacao, logrado obtener un polvo de $\leq 250 \mu\text{m}$, A partir de la cascarilla de cacao se puede obtener un 69% de polvo utilizable y el 31% es de residuos que no se pueden pulverizar ni aprovechar para el objetivo de esta investigación. Al reducir el tamaño de partícula se reduce significativamente la cristalinidad de la celulosa presente en la cáscara de la almendra de cacao. La investigación sobre la reducción del tamaño de las partículas en la gestión de residuos agroindustriales se ha

concentrado predominantemente en mejorar los procesos mecánicos para separar las fracciones de residuos (Saelor et al., 2024).

3.2 Análisis proximal

Este análisis incluye la composición de la materia prima (cascarilla de cacao) con ayuda de un grupo de pruebas fisicoquímicas que son utilizadas fundamentalmente para obtener los cálculos de la eficiencia del proceso.

Tabla 6

Composición de la cascarilla de cacao

Parámetros	Contenido (%)
Celulosa	55,39
Lignina	29,42
Cenizas	11,58
Humedad	7,6
Solidos totales	0,86

Como se aprecia en la Tabla 6, la cascarilla de cacao contiene 55.39 % de celulosa y 29 % de lignina los cuales son los principales componentes estudiados. Investigaciones similares sobre este tipo de residuos ha logrado obtener porcentajes como el de celulosa de 17,39 % lo cual es menor, pero el de lignina reporta un valor de 32,4 % siendo este mayor al contenido de nuestro residuo (Baena et al., 2012). Según Ramírez et al., (2002) cabe recalcar que la cantidad de lignina en los materiales vegetales se incrementa al paso que avanza su tiempo de maduración (Porto de Souza et al., 2022).

3.3 Deslignificación de la cascarilla de cacao

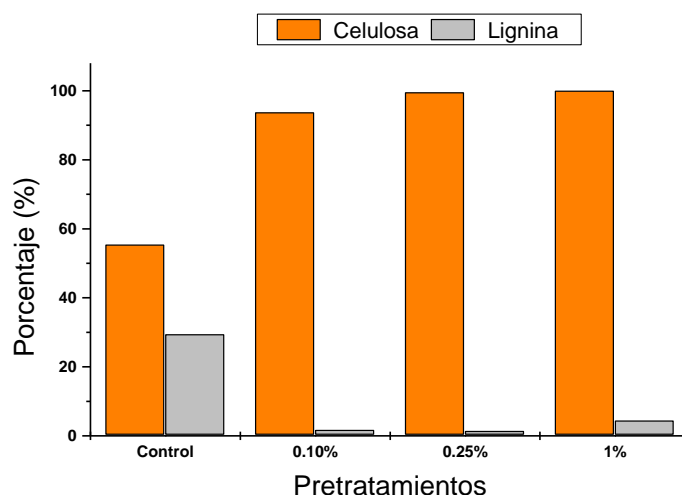


Figura 21 Eficiencia de la deslignificación de la cascarilla de cacao con diferentes pretratamientos (0,10 % 0,25 % 1%)

En la Figura 21 se presentan los porcentajes de celulosa y lignina obtenidos en tres tratamientos con diferentes concentraciones de NaOH (0.1 %, 0.25 % y 1 %). Los resultados indican que el uso de 0.1 % de NaOH a una temperatura de 50°C permitió una mayor concentración de celulosa, logrando la extracción de lignina y hemicelulosa de la muestra. Montoya et al., (2020) determinaron en su estudio que el uso de una concentración del 10 % de hidróxido de sodio proporciona una mejor aceptabilidad, logrando un rendimiento de extracción de celulosa del 11,90 % siendo este tratamiento más eficiente. Por otro lado, el estudio de Mayta et al., (2023) “Extracción y caracterización de celulosa a partir de residuos de hojas de maíz”, concluyó que al emplear un 4 % de hidroxilo de sodio a una temperatura de 80 °C, con agitación constante a 500 rpm durante 4 horas, se obtuvo un rendimiento de celulosa del 48,5 %.

3.4 Metilación química de la cascarilla de cacao

En este tratamiento es un proceso que puede tener varias aplicaciones importantes, dependiendo de la finalidad que se busque, en este caso buscamos modificar químicamente el pH de las muestras ya que después del proceso de deslignificación llega a tener pH alto dependiendo de la cantidad de NaOH agregado, con ayuda de HCl buscamos un pH neutro para que no modifique las propiedades del alimento donde será aplicado.

A continuación, se presentan los porcentajes de metilación de las tres muestras estudiadas.

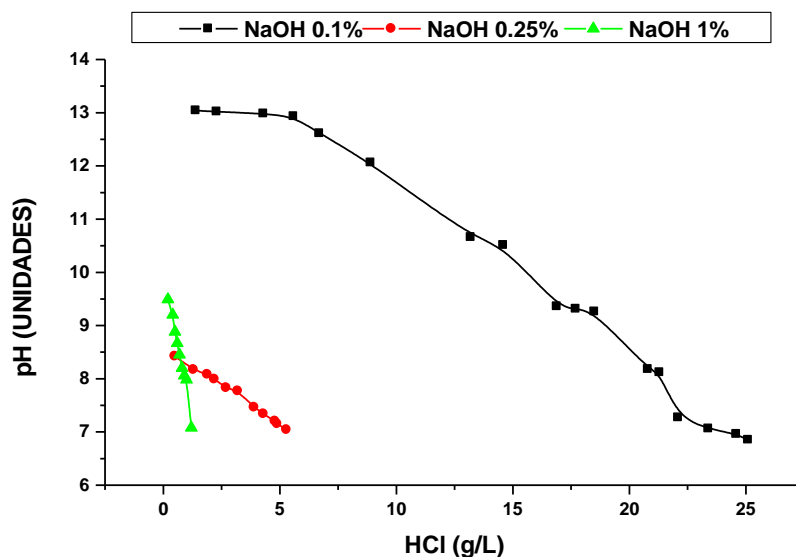


Figura 22 Metilación de la cascarilla de cacao en diferentes porcentajes de NaOH

Como se aprecia en la figura 22, tenemos las tres muestras con diferentes concentraciones de NaOH y pH, lo cual proporcionalmente con la adición de HCl comienza a bajar la alcalinidad de cada muestra, como en la cantidad que se empleó en la de 0.1 % de NaOH, logrando en esta una mayor solubilidad con un pH de 7.04 lo que en comparación con el control. Montoya et al., (2020) señalaron que el uso de hidróxido de sodio al 0.1 % permitió obtener un mejor rendimiento de celulosa en la metilación química de la cáscara de tuna, donde tanto las condiciones de pH como la concentración de este reactivo influyeron significativamente en el resultado. Investigaciones de deslignificación de paja de arroz utilizando un 5 % de hidróxido de sodio, lograron remover un 73,6 % de lignina, lo cual favoreció positivamente a la hidrólisis de este residuo.

3.5 Viscosidad del estabilizante a base de cascarilla de cacao

La viscosidad es una propiedad reológica de los estabilizantes que al incorporarse en los alimentos ayuda a mejorar la estabilidad. (Niroula, 2024).

Tabla 7

Propiedades del estabilizante (CMC) a base de cascarilla de cacao

	Carboximetilcelulosa	0,1%	0,25%	1%
Viscosidad	9315,7 cp	42,6 cp	19,3 cp	54,9 cp
Grado de sustitución	0,75	2,05	2,15	4,21

Grado de Pureza	95,3	73,66	58,14	47,73
------------------------	------	-------	-------	-------

Como se puede apreciar en la tabla 7, el tratamiento donde se aplicó 0,1 % de NaOH se logró obtener un 73,66 % de pureza de celulosa, logrando despolimerizar completamente la lignina. Investigaciones donde utilizan estabilizante a base de celulosa y lignina despolimerizada, don una consistencia ideal a los productos en los que se los incorporan, mejorando su estabilidad y ayudando a conservar a estos alimentos (Ji, 2025).

Aplicar el estabilizante obtenido en la elaboración de manjar de leche y evaluar sus características sensoriales

3.6 Análisis sensorial

El estudio sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud en la Universidad Técnica de Machala. El panel sensorial estuvo conformado por 15 estudiantes (de 18 a 25 años), de la carrera de Alimentos. Todos los miembros del panel han evaluado sensorialmente otros alimentos que se han desarrollado en esta facultad por lo tanto cuentan con la experiencia necesaria para poder obtener resultados idóneos. A todos los participantes se les realizó una inducción previa indicándoles el lugar, fecha, hora y condiciones físicas como contar con buena salud, no presentar alguna enfermedad, en particular relacionadas con los órganos bucales y olfativos. Se les brindó información técnica sobre las características del producto alimenticio a evaluar e información relevante sobre el estudio, dando su consentimiento informado para participar en la misma.

Durante la primera prueba de evaluación sensorial, los catadores del panel evaluaron atributos como: olor, sabor y textura, con ayuda de una hoja de cata y una presentación personal del producto descrito en la inducción.

En la figura 23 se presentan los resultados de los atributos evaluados en las dos muestras de manjar de leche con diferentes estabilizantes (manjar de leche con carboximetilcelulosa (CMC) comercial (6E94) y manjar de leche con extracto de la cascarilla de cacao como estabilizante), de acuerdo con la prueba hedónica realizada, la muestra formulada con cascarilla de cacao como estabilizante (5L94) obtuvo mayor grado de preferencia en comparación con la muestra (6E94). Este resultado indica que las

características organolépticas del manjar (5L94) fueron las que tuvieron mayor aceptación por los evaluadores.

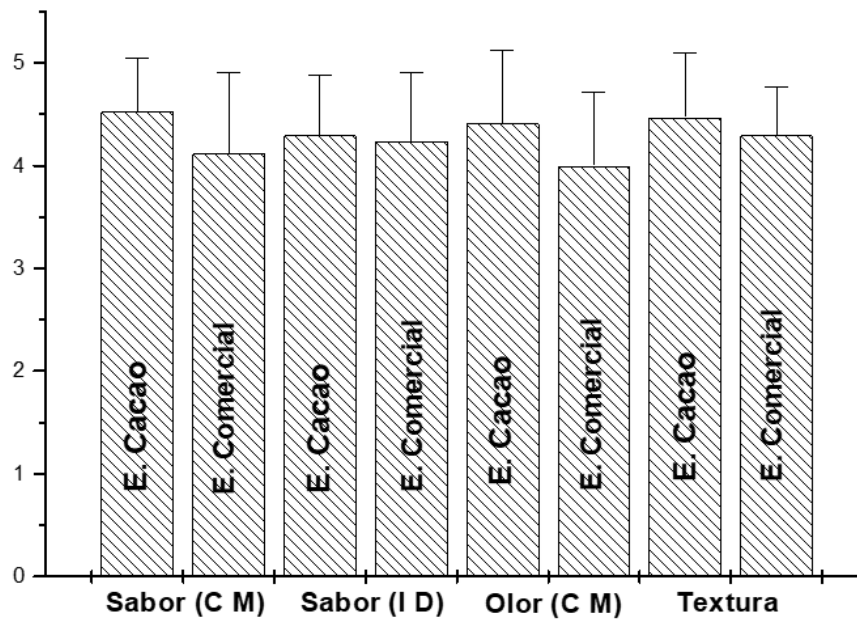


Figura 23 Gráfica de atributos sensoriales de las dos muestras de manjar de leche

Si bien se visualiza la gráfica de los atributos del manjar de leche con carboximetilcelulosa (CMC) comercial y manjar de leche con extracto de la cascarilla de cacao como estabilizante presenta niveles alto en cuanto al sabor característico a manjar, intensidad del dulzor, olor característico a manjar y textura. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre la muestra comercial, con la muestra de control, determinando que, el CMC extraído de residuos alimentarios como la cascarilla del grano de cacao, se convierte en una nueva alternativa de estabilizante alimentario.

3.6.1 Análisis estadístico

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), que se realizó en esta evaluación se obtuvo que en el atributo de sabor característico de manjar entre las 2 muestras que son una con estabilizante de cacao y otra con estabilizante comercial se obtuvo un valor p de 0,049 como se muestra en la Tabla 8. Dado que este valor p llega casi que el nivel de significación $\alpha = 0.05$ existe diferencia, pero es tan poca que puede incluso considerarse iguales en la percepción del sabor entre las muestras evaluadas.

Tabla 8*Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Sabor característico a manjar*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
<i>Muestra</i>	1	1,441	1,4412	4,56	0,049
<i>Panelista</i>	16	8,941	0,5588	1,77	0,133
<i>Error</i>	16	5,059	0,3162		
<i>Total</i>	33	15,441			

Los resultados del ANOVA realizados para evaluar los atributos de sabor como, la intensidad del dulzor, el olor y en la que más importancia tenía para nosotros que es textura, podemos visualizar que en la Tablas 9, 10 y 11 mostraron valores de p superiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ en los tres parámetros evaluados, lo que confirma que los evaluadores percibieron diferencia significativa. En términos de textura, los evaluadores no percibieron variaciones notables, lo cual nos garantiza que nuestro estabilizante a partir de cascarilla de cacao cumple su función, con respecto a la intensidad del dulzor y olor tampoco se muestran distinción entre las muestras lo que refleja el equilibrio de las propiedades organolépticas propias de un dulce de leche.

Tabla 9*Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Sabor (intensidad del dulzor)*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
<i>Muestra</i>	1	0,0294	0,02941	0,14	0,718
<i>Panelista</i>	16	9,1176	0,56985	2,63	0,031
<i>Error</i>	16	3,4706	0,21691		
<i>Total</i>	33	12,6176			

Tabla 10*Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Olor*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
<i>Muestra</i>	1	1,441	1,4412	2,55	0,130
<i>Panelista</i>	16	7,059	0,4412	0,78	0,688
<i>Error</i>	16	9,059	0,5662		
<i>Total</i>	33	17,559			

Tabla 11*Análisis de Varianza (ANOVA) Atributo - Textura*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
<i>Muestra</i>	1	0,2647	0,2647	1,00	0,332
<i>Panelista</i>	16	5,5294	0,3456	1,31	0,300
<i>Error</i>	16	4,2353	0,2647		
<i>Total</i>	33	10,0294			

3.7 Análisis reológico del producto final

3.7.1 Determinación de viscosidad

Como se observa a continuación en la Tabla 12, se llevó a cabo la comparación de viscosidad de un manjar de leche comercial, con el manjar formulado a base de CMC extraído de la cascarilla de cacao, en la cual los datos obtenidos por medio de un viscosímetro se determinaron que, a una temperatura de 55°C el Manjar E. cacao tiene una viscosidad similar al comercial siendo este de 44.1970 cP.

Tabla 12*Viscosidad del manjar E. cacao y manjar comercial*

	Temperatura (°C)	Husillo	Velocidad (RPM)	Viscosidad (cP)
Manjar E. Cacao	55° C	L4	1,0	44 1970

Manjar Comercial	55° C	L4	1,0	52 3895
-------------------------	-------	----	-----	---------

Por lo tanto, la viscosidad resulta ser la interacción entre partículas cercanas que se desplazan a diferentes velocidades y depende en gran medida de la temperatura (Angeles, 2024; Hack, 2018). De acuerdo con un estudio realizado por Salas & Zambrano, (2019) examinaron las propiedades reológicas de soluciones de CMC con diferentes niveles de viscosidad, de tal forma determinando como la concentración de este compuesto afecta la viscosidad. Sin embargo, tras los análisis realizados se determinó que no existe diferencia significativa al comparar los resultados obtenidos de ambos productos, determinándolo como un estabilizante idóneo.

Tabla 13

Análisis de Varianza de Viscosidad

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
Muestras	2	27534966178	13767483089	5,37	0,102
Error	3	7692702163	2564234054		
Total	5	35227668341			

CONCLUSIONES

El mayor porcentaje de deslignificación de la cascarilla de cacao se obtuvo en el experimento en el que se adicionó hidróxido de sodio al 0,10 %, lo que se evidenció en la completa solubilización del polvo, resultando en una mayor pureza y solubilidad de la celulosa presente en la cascarilla.

Así mismo, la adición de ácido clorhídrico al 20% permitió la neutralización de la solución (pH: 7), favoreciendo significativamente la metilación de la celulosa. Como resultado, se logró una solubilidad del pH de la solución resultante del proceso de este residuo, el cual, tras el proceso de liofilización, presenta condiciones óptimas para su incorporación en productos alimenticios con el propósito de mejorar o modificar su textura, aroma y sabor.

Por otro lado, el diseño experimental permitió establecer que el estabilizante obtenido confiera al manjar características reológicas similares a las de un producto comercial. Además, las propiedades sensoriales desempeñan un papel clave en la calidad del producto, otorgándole atributos comparables a los de un manjar convencional. Por lo tanto, se demuestra que el estabilizante aplicado constituye una alternativa viable para sustituir al CMC comercial.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar equipos que faciliten la extracción de residuos lignocelulósicos, permitiendo llevar cabo la metodología exhaustiva de cada proceso, sin alterar sus propiedades tecnológicas.

Es importante realizar análisis preliminares con la finalidad de aprovechar compuestos lignocelulósicos presentes en la cascarilla de cacao, los cuales podría presentar variables importantes en cuanto a condiciones de textura, aroma y sabor.

Por último, es de suma importancia realizar análisis exhaustivos al estabilizante obtenido para conocer con profundidad cada parámetro tecnológico, y evaluar durante su almacenamiento la vida útil del producto.

REFERENCIAS

- Abedi, E., & Hashemi, S. M. B. (2020). *Lactic acid production—producing microorganisms and substrates sources-state of art*. Heliyon, 6(10).
<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2820%2931817-X>
- Álvarez, A. K., & Quilumba, A. F. (2018). *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de polvo y sus usos culinarios*.
<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/58db3a3e-4e08-48cc-8aab-464b24dca5e7/content>
- American Society for Testing and Materials (1997). *Standard Test Methods for Sodium Carboxymethylcellulose*.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/3320/117088e36bc74c8789612763a46af4c2/ASTM-D1439-97.pdf>
- Angeles, T. J. P. (2024). *Evaluación reológica y estudio de la vida útil del manjar blanco elaborado con distintos almidones*.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12528>
- Anoraga, S. B., Shamsudin, R., Hamzah, M. H., Sharif, S., & Saputro, A. D. (2024). *Cocoa by-products: A comprehensive review on potential uses, waste management, and emerging green technologies for cocoa pod husk utilization*. In Heliyon (Vol. 10, Issue 16). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35537>
- Anvoh, K. Y. B., Bi, A. Z., & Gnakri, D. (2009). *Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade*. Pakistan Journal of Nutrition, 8(2), 129-133.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=9af7171527d61d841d3f98f31b85346698a05cb8>
- Baena, L. M., & García, C. N. A. (2012). *Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma Cacao L. de una industria chocolatera colombiana*.
<https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/3036>
- Balentic, J. P., Aćkar, D., Jokić, S., Jozinović, A., Babić, J., Milićević, B., Šubarić, D. & Pavlović, N. (2018). *Cocoa Shell: A By-Product with Great Potential for Wide Application*. <https://doi.org/10.3390/molecules23061404>
- Behera, B. C., Mishra, R., & Mohapatra, S. (2021). *Microbial citric acid: Production, properties, application, and future perspectives*. Food Frontiers, 2(1), 62-76.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/fft2.66>
- Botella, M. C., Gonzalez, L. R., Ballester C. C., Pérez, A. J. Á., Fernández, L. J., Delgado, O. J., ... & Viuda, M. M. (2021). *Ghanaian cocoa (Theobroma cacao L.) bean shells coproducts: Effect of particle size on chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity*. Agronomy, 11(2), 401.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11020401>

- Burgos, M. L. J. (2020). *Cuantificación de azúcares reductores del sustrato en residuos de piña con el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico*. *Questionar: Investigación Específica*, 7(1), 57–66. <https://doi.org/10.29097/23461098.308>
- Camara, C. J., & Beauregard, S. G. (2024). *Historia natural del cacaotero Theobroma cacao L.* https://www.researchgate.net/profile/Carolina-Zequiera/publication/379909443_El_cultivo_del_cacao_en_Mexico_desafios_o_portunidades_y_camino_hacia_la_sostenibilidad/links/6633cc1235243041535b2732/El-cultivo-del-cacao-en-Mexico-desafios-oportunidades-y-camino-hacia-la-sostenibilidad.pdf#page=55
- Carranza, P. M., Morales, R. W., Morante, C. J., Gaibor, F. R., Macías, V. J., & Duicela, G. L. (2023). *Control de Calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.)* https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2023/05/24/evidencia_articulo_202352417133.pdf
- Centeno, B. G. (2022). *Obtención de nanopartículas de lignina a partir de Megathyrsus maximus para aplicaciones con potencial anti-UV*. *Ciencia en Revolución*, 8(24), 339-368. <https://cienciaenrevolucion.com.ve/index.php/cienciaenrevolucion/article/view/77/96>
- Chasing, S. A. Y. (2024). *Propuesta de alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino-etapa crecimiento*. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ec1af087-bccb-4858-be80-d860fa1a8006/content>
- Chuez, S. K. P. (2022). *Identificación del perfil de polifenoles, flavonoides y metilxantinas en mazorca y placenta de cacao (theobroma cacao, l.) De las variedades ccn-51 y nacional*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cfe44239-4793-4f3d-984a-3d4710fbe6b3/content>
- Criollo, L. G. P. (2018). *Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/8663/1/96T00465.pdf>
- Cruz, L. M. C., & Soler, R. A. M. (2014). *Manual de métodos generales para determinación de carbohidratos*. <https://www.academia.edu/download/38932449/manualdemtodosgeneralesparadeterminacindecarbohidratos-141106162652-conversion-gate02.pdf>
- Cui, W., Wang, X., Han, S., Guo, W., Meng, N., Li, J., ... & Zhang, X. (2024). *Research progress of tartaric acid stabilization on wine characteristics*. *Food Chemistry: X*, 101728. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101728>
- Erreyes, C. G. E. & Aguilar, A. E. D. (2024). *Aplicación de emulsiones con adición de hidrocoloides como sustituto de grasa en la elaboración de chocolate untable con tres tipos de variedades de cacao*.

https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23470/1/Trabajo_Titulacion_3897.pdf

- Febrianto, N. A., & Zhu, F. (2019). *Diversity in Composition of Bioactive Compounds Among 26 Cocoa Genotypes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(34), 9501–9509. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03448>
- Fernández, J. A. B., Chávez, Q. S., Julca, O. A., & Vega, J. N. (2023). *Atributos morfológicos y sensoriales de cacao nativo, Bagua, Perú*. *REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DE ZULIA*. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/39429/44423>
- Flores, J. N. B. (2024). *Efecto del bicarbonato de sodio y cloruro de calcio en antocianinas y capacidad antioxidante de Solanum tuberosum escaldada variedad leona*. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/889f8e9b-b542-46e4-a2c2-a1224b1ffc9f><https://dspace.unitru.edu.pe/items/889f8e9b-b542-46e4-a2c2-a1224b1ffc9f>
- Flores, Y. C. A. (2024). *Extracción de la pectina a partir de la cascarilla de cacao en la Fábrica de Chocolates y Dulces CÓNDROR SRL* (Doctoral dissertation). <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/36584/TD-8904.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Freitas, C. M. P., Coimbra, J. S. R., Souza, V. G. L., & Sousa, R. C. S. (2021). *Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review*. *Coatings*, 11(8), 922. <https://doi.org/10.3390/coatings11080922>
- Gheorghita, P. R., Lobiuc, A., Dimian, M., & Covasa, M. (2020). *Alginate: From food industry to biomedical applications and management of metabolic disorders*. *Polymers*, 12(10), 2417. <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2417>
- Gomes, G. M. F., Philipssen, C., Bard, E. K., Dalla Zen, L., & de Souza, G. (2016). *Rice husk bubbling fluidized bed combustion for amorphous silica synthesis*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 2278-2290. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343716301282>
- Huang, G., Peng, W., Yang, S., & Yang, C. (2018). *Delignification kinetic modeling of NH4OH-KOH-AQ pulping for bagasse*. *Industrial Crops and Products*, 123, 740–745. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.040>
- Ibarra, V. D. J. O., & Yáñez, C. G. P. (2023). *Obtención de nanofibras de celulosa de residuos de cáscara de naranja y de Hibiscus sabdariffa por electrospinning*. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/7902/1/RI007229.pdf>
- Indiarto, R., Raihani, Z., Dewi, M., & Zsahra, A. (2021). *A review of innovation in cocoa bean processing by-products*. *Int. J*, 9, 1162-1169. <https://www.academia.edu/download/68705451/ijeter22982021.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Manjar o Dulce de Leche. Requisitos (NTE INEN 700)*.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2024). *Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Ji, C., & Wang, Y. (2025). *Lignin-containing cellulose nanocrystals from maple leaves: A natural Pickering emulsion stabilizer for food preservation*. *Food Chemistry*, 463. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141407>
- Kamal, T., Ul-Islam, M., Fatima, A., Ullah, M. W., & Manan, S. (2022). *Cost-effective synthesis of bacterial cellulose and its applications in the food and environmental sectors*. *Gels*, 8(9), 552. <https://doi.org/10.3390/gels8090552>
- Kaur, H., & Goyal, D. (2024). *Lignin extraction from lignocellulosic biomass and its valorization to therapeutic phenolic compounds*. *Journal of Environmental Management*, 372, 123334. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123334>
- Makinde, O. J., Okunade, S. A., Opoola, E., Sikiru, A. B., Ajide, S. O., & Elaigwu, S. (2019). *Exploration of cocoa (Theobroma cacao) by-products as valuable potential resources in livestock feeds and feeding systems*. *Theobroma Cacao-deploying science for sustainability of global cocoa economy*, 1-14. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ijP8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA87&dq=exploration+of+cocoa&ots=tWybNXNBMT&sig=4QqchkRWLNncJsSOyUNjGOOaQng>
- Márquez, M. L., Cuji, P., Flores, D., & Méndez, C. (2021). *La Validación del método de cuantificación de lignina en biomasa de pino*. *Química Central*, 7(2), 15–19. <https://doi.org/10.29166/quimica.v7i2.3258>
- Mayta, P. S., Norabuena, M. E., Tello, S. A., & Quintana, C. M. E. (2023). *Extracción y caracterización de celulosa a partir de residuos de hojas de maíz*. *Tecnia*, 33(2), 53-61. <http://www.scielo.org.pe/pdf/tecnia/v33n2/2309-0413-tecnia-33-02-53.pdf>
- Mendoza, M. C. J., Feregrino, P. A. A., & Gutiérrez, A. C. (2021). *Potential use of industrial cocoa waste in biofuel production*. *Journal of Chemistry*, 2021(1), 3388067. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2021/3388067>
- Montoya, E. C., Huiza, D. M., Dominguez, E. L., Mamani, D. C., & Nole, K. O. (2020). *Extracción de celulosa a partir de cáscara de tuna y corona de piña*. *Revista Ciencia Y Tecnología-Para El Desarrollo-UJCM*, 6(11), 25-31. <https://revistas.ujcm.edu.pe/index.php/rctd/article/view/163>
- Morejón, R. (2016). *Valor nutricional del maguey deshidratado de cacao (Theobroma cacao L.) nacional para la elaboración de barras nutricionales de uso alimentario*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2268/1/T-UTEQ-0039.pdf>
- Moscoso, Z. M. A. (2022). *Evaluación de residuos de la cáscara de Theobroma cacao de la finca “Rancho Margarita” como fuente para la obtención de celulosa mediante el método de hidrólisis*. <http://dSPACE.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/21388/1/236T0797.pdf>

- Muñoz, S, A, M., & Vera, C, N, P. (2023). *Caracterización de los tipos de cultivares de cacao existentes en el sitio San Andrés del cantón Chone, 2022*
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/4698/1/ULEAM-AGRO-0188.pdf>
- Murillo, B. S., Ponce, R. F., & Huamán, M. M. (2020). *Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (Theobroma cacao L.)*. Manglar, 17(1), 67-73.
<https://pdfs.semanticscholar.org/df0f/0a2c9cb22801322a47ef17a347d90e3bacf2.pdf>
- Nath, P. C., Debnath, S., Sharma, M., Sridhar, K., Nayak, P. K., & Inbaraj, B. S. (2023). *Recent advances in cellulose-based hydrogels: Food applications*. Foods, 12(2), 350. <https://doi.org/10.3390/foods12020350>
- Niroula, A., Alharrasi, S., Aldhaheri, M., Rabbani, A., Ali, A., & Nazir, A. (2024). *Natural stabilizers for functional foods: The role of optimized date seed extracts in nanoemulsion applications*. LWT, 208.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116732>
- Odetoye, T. E., Ajala, E. O., & Ogunniyi, D. S. (2019). *A review of biofuels research in Nigeria*. Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment, 15(1), 153-162. <https://azojete.com.ng/index.php/azojete/article/view/254>
- Ortiz, L. K. M., Villagrán, L. R. N., Latorre, C. H. G., Borja, Y. R. E. & Villa, M. C. A. (2023). *Una fuente comercial de pectina a partir de la cáscara de cacao*. RECIENA, 3(2), 45-51.
<https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/78/79>
- Panak, B. J., Ačkar, Đ., Jokić, S., Jozinović, A., Babić, J., Miličević, B., ... & Pavlović, N. (2018). *Cocoa shell: A by-product with great potential for wide application*. Molecules, 23(6), 1404. <https://doi.org/10.3390/molecules23061404>
- Pinkaew, T., Inthachat, W., Khemthong, C., Kemsawasd, V., On-Nom, N., & Temviriyankul, P. (2024). *High Pectin Recovery from Cocoa Husks Using an Autoclave Approach: An Analysis of Its Physicochemical, Structural, and Genotoxicity Properties*. Foods, 13(5), 669.
<https://doi.org/10.3390/foods13050669>
- Porto de Souza Vandenberghe, L., Kley Valladares-Diestra, K., Amaro Bittencourt, G., Fátima Murawski de Mello, A., Sarmiento Vásquez, Z., Zwierchewski de Oliveira, P., Vinícius de Melo Pereira, G., & Ricardo Soccol, C. (2022). *Added-value biomolecules' production from cocoa pod husks: A review*. Bioresource Technology, 344. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126252>
- Ramírez, O. R., Ramírez, L. R. G., & López, G. F. (2002). *Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad*. Ciencia UANL, 5(2).
<http://eprints.uanl.mx/1175/>
- Ramos, M. F., Hernández, M. I., & Rojas, R. N. (2023). *Rheological modeling of cellulose gum, xanthan gum, and guar gum mixtures in aqueous solutions*. Dyna,

90(229), 66-74. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532023000500066&script=sci_arttext

- Rochina, R, D, M. (2021). *Utilización de la fibra de cascarilla de cacao en la industria alimentaria*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15514/1/27T00465.pdf>
- Rojo, P. O., Barbosa, P. L., Zeppa, G., & Stévigny, C. (2020). *Cocoa bean shell—a by-product with nutritional properties and biofunctional potential*. *Nutrients*, 12(4), 1123. <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/4/1123>
- Romero, H. (2016). *Evaluación ecomorfológica de cacao (Theobroma cacao L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Veracruz*. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/47417>.
- Romero, U. E., Montero, A. G., Toscano, P. L., Pérez, P. L., Torres, R. R., & Beleño, C. M. T. (2014). *Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulósica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico*. https://www.researchgate.net/profile/Gisela-Montero/publication/282365664_Determinacion_de_los_principales_componentes_de_la_biomasa_ligonocelulosica_celulosa_hemicelulosa_y_lignina_de_la_paja_de_trigo_para_su_posterior_pretratamiento_biologico/links/560ebdbc08ae483375172df7/Determinacion-de-los-principales-componentes-de-la-biomasa-ligonocelulosica-celulosa-hemicelulosa-y-lignina-de-la-paja-de-trigo-para-su-posterior-pretratamiento-biologico.pdf
- Rongpipi, S., Ye, D., Gomez, E. D & Gomez E. W. (2019). *Progress and Opportunities in the Characterization of Cellulose-An Important Regulator of Cell Wall Growth and Mechanics*. *Front. Plant Sci.* 9:1894. doi: 10.3389/fpls.2018.01894
- Saelor, S., Kongjan, P., Prasertsan, P., Mamimin, C., & Sompong, O. (2024). *Enhancing the efficiency of high solid anaerobic digestion of empty fruit bunches under thermophilic conditions by particle size reduction and co-digestion with palm oil mill effluent*. *Carbon Resources Conversion*, 100262.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588913324000516>
- Sailema, C. R. I. (2021). *Abono orgánico a base de cascarilla de cacao para la productividad del cultivo de pimiento (Capsicum Annuum)*.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SAILEMA%20CASTRO%20RONNY%20I%20VAN.pdf>
- Salas, B. X., & Zambrano, A. J. (2019). *Carboximetilcelulosa (CMC) Alta y Baja Viscosidad: Análisis de curvas de flujo e implementación del Modelo Reológico de Potencia*. https://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP265.pdf
- Samaniego, M, I, R. (2020). *Estudio de los principales componentes químicos no volátiles asociados a la calidad del cacao “Nacional” de Ecuador, como herramientas en la certificación de origen*. Doi:10.31428/10317/9130

- Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2023). *Cocoa Bean Shell: A By-Product with high potential for Nutritional and biotechnological applications*. *Antioxidants*, 12(5), 1028. <https://doi.org/10.3390/antiox12051028>
- Sangronis, E., Soto, M. J., Valero, Y., & Buscema, I. (2014). *Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones*. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 64(2), 123-130. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222014000200007&script=sci_abstract&tlng=pt
- Sapper, M. I. (2015). *Medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/56749>
- Sari, A. B. T., Fahrurrozi, Marwati, T., Djaafar, T. F., Hatmi, R. U., Purwaningsih, ... & Rahayu, E. S. (2023). *Chemical composition and sensory profiles of fermented cocoa beans obtained from various regions of Indonesia*. *International Journal of Food Science*, 2023(1), 5639081. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2023/5639081>
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., & Templeton, D. (2006). *Determination of sugars, byproducts, and degradation products in liquid fraction process samples*. Golden: National Renewable Energy Laboratory, 11, 65-71. <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-De-Farias-Silva-2/post/Any-one-of-you-who-working-on-bioethanol-production-from-lignocellulosic-biomass/attachment/59d61de679197b807797c179/AS%3A273838353154051%401442299559304/download/NREL+42623.pdf>
- Soares, T. F., & Oliveira, M. B. P. (2022). *Cocoa by-products: Characterization of bioactive compounds and beneficial health effects*. *Molecules*, 27(5), 1625. <https://doi.org/10.3390/molecules27051625>
- Soto, V. M. A. (2024). *Aprovechamiento de residuos del maíz (zea mays) en la industria: Revisión bibliográfica*. *RIVAR*, 11(31), 212-229, <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i31.5980>
- Sun, S., Cao, X., Sun, S., Xu, F., Song, X., Sun, R. C., & Jones, G. L. (2014). *Improving the enzymatic hydrolysis of thermo-mechanical fiber from Eucalyptus urophylla by a combination of hydrothermal pretreatment and alkali fractionation*. *Biotechnology for Biofuels*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13068-014-0116-8>
- Tahmouzi, S., Meftahizadeh, H., Eyshi, S., Mahmoudzadeh, A., Alizadeh, B., Mollakhalili-Meybodi, N., & Hatami, M. (2023). *Application of guar (Cyamopsis tetragonoloba L.) gum in food technologies: A review of properties and mechanisms of action*. *Food science & nutrition*, 11(9), 4869-4897. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fsn3.3383>
- Tapia, K. (2016). *Evaluación del mucílago y la placenta de dos variedades de cacao (Theobroma cacao L.) aplicando dos métodos conservantes en la obtención de mermelada* <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2266/1/T-UTEQ-0037.pdf>

- Teneda, W. F. T., Guevara, M. D. G., & Mora, S. M. O. (2019). *Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador*. Cuadernos de Contabilidad, 20(50), 1-14. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc20-50.eicc>
- Terán, E. F. J. (2019). *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de un producto agroindustrial*. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10599/1/UDLA-EC-TIAG-2019-14.pdf>
- Toaquiza, V. V. P. (2022). *Principales componentes químicos asociados a la calidad de materiales seleccionados de cacao ecuatoriano*. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/17571/1/156T0050.pdf>
- Urbańska, B., Derewiaka, D., Lenart, A., & Kowalska, J. (2019). *Changes in the composition and content of polyphenols in chocolate resulting from pre-treatment method of cocoa beans and technological process*. European Food Research and Technology, 245, 2101-2112. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-019-03333-w>
- Valdivieso, V. J. E. (2020). *Diseño de un proceso para la obtención de papel a partir de la celulosa extraída de elote de Maíz (Zea mays L. var. Ceratina)*. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/13964/3/96T00575.pdf>
- Vargas, A. G., Merino, Z. C., Tang, M., Pertino, M. W. & Simirgiotis, J. (2022). *UHPLC-MS Characterization, and antioxidant and nutritional analysis of cocoa waste flours from the Peruvian amazon*. Antioxidants, 11(3),595. <https://doi.org/10.3390/antiox11030595>
- Vargas, C. Y. A., & Pérez, P. L. I. (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del medio ambiente*. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 14(1), 59-72. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>
- Verdezoto, P., & Elizabeth, G. (2019). *Exportación de La Infusión de Cascarilla De Cacao a EE. UU*. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/EC_ad30dba650fb51731b7e874c815348e0
- Wang, C., Yang, J., Wen, J., Bian, J., Li, M., Peng, F., & Sun, R. (2019). *Structure and distribution changes of Eucalyptus hemicelluloses during hydrothermal and alkaline pretreatments*. International Journal of Biological Macromolecules, 133, 514–521. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.127>
- Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., & Liu, G. (2021). *Food additives: From functions to analytical methods*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–21. doi:10.1080/10408398.2021.1929823
- Yin, X., Chen, K., Cheng, H., Chen, X., Feng, S., Song, Y., & Liang, L. (2022). *Chemical stability of ascorbic acid integrated into commercial products: A review on bioactivity and delivery technology*. Antioxidants, 11(1), 153. <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/1/153>

Zambrano, I. C.M. (2019). *Eficiencia del biofiltro a base de los residuos del cultivo de maíz (Zea mays) y cacao (Theobroma cacao) para remoción de sólidos en agua.*
<https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1199/1/TTMA66.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de polvo de cascarilla de cacao



Anexo 2. Pretratamiento alcalino-Reactor aerobio (fed-batch)



Anexo 3. Proceso de liofilización



Anexo 4. Viscosidad del manjar elaborado con el estabilizante obtenido



Anexo 5. Hoja de cata

HOJA DE CATA

Nombre:

Fecha:

Frente a usted se presentan dos muestras de manjar. Observe y pruebe cada una. Indique su nivel de agrado y gusto de cada atributo utilizando una (X) de la siguiente escala:

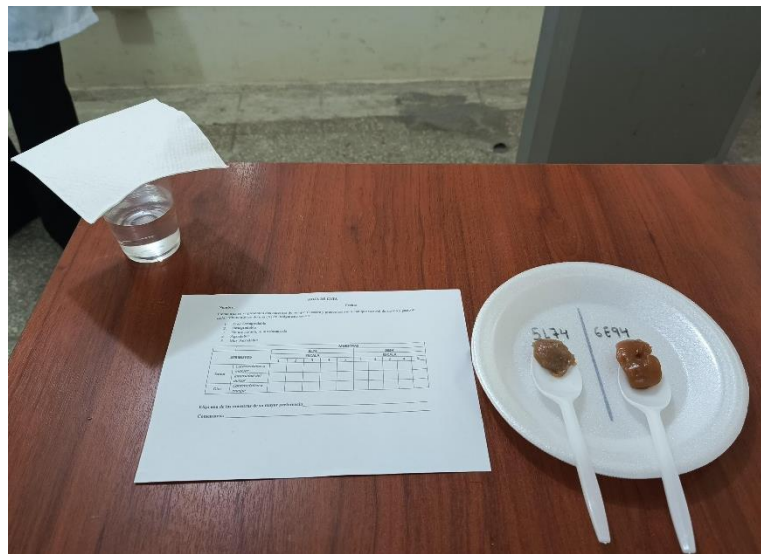
1. Muy Desagradable
2. Desagradable
3. No me agrada, ni me desagrada
4. Agradable
5. Muy Agradable

ATRIBUTOS		MUESTRAS									
		5L74					6E94				
		ESCALA					ESCALA				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Sabor	Característico a manjar										
	Intensidad del dulzor										
Olor	Característico a manjar										
Textura											

Elija una de las muestras de su mayor preferencia _____

Comentarios:

Anexo 6. Análisis sensorial de muestras de manjar



Anexos 7. Evidencia fotográfica

