



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE HARINA DE SEMILLAS DE JACKFRUIT
(*Artocarpus heterophyllus Lam*) PARA POTENCIALIZAR LAS
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CHOCOLATE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ANGIE ESTEFANIA SERRANO SOLIS

DIRECTOR: MVZ. GUILLERMO EDUARDO DÁVALOS MERINO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Angie Estefania Serrano Solis

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Angie Estefania Serrano Solis, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de marzo de 2024

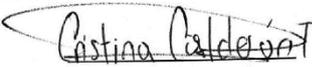
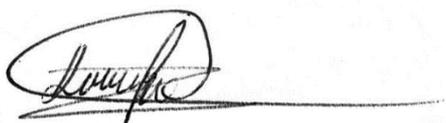


.....
Angie Estefania Serrano Solis

C. I: 160074209-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE HARINA DE SEMILLAS DE JACKFRUIT (*Artocarpus heterophyllus Lam*) PARA POTENCIALIZAR LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CHOCOLATE**, realizado por la señorita: **ANGIE ESTEFANIA SERRANO SOLIS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-03-27
MVZ. Guillermo Eduardo Merino Dávalos DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-03-27
Ing. Daniel Antonio Chuquín Vasco ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-03-27

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a mis padres Ricardo Serrano y Gissela Solis por ser el apoyo constante en cada paso que doy en el transcurso de mi vida, por ser mis ejemplos de fortaleza, valentía, amor, constancia, sabiduría y resiliencia ante toda situación, por confiar siempre en mí por las virtudes, valores y enseñanzas que han sembrado en lo que ahora soy como persona y profesional. Dedico cada esfuerzo, lágrima, alegría, conocimiento y anécdota a mis queridos padres porque gracias a ellos he logrado hacer todo lo propuesto, conquistar el mundo sin rendirse jamás y lo más importante es ayudar en cada momento, para generar mi aporte y marcar la diferencia a cualquier lugar que voy.

Angie

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y la Virgencita por iluminar mi camino, cuidarme en todo momento y sincronizar al universo para que todas las decisiones tomadas tengan sentido y así llegar a un bien mayor. Agradezco a mis padres y hermanas por todos los consejos, apoyo y ayuda que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria, también a mi familia en general porque a pesar de la distancia siempre ha existido el cariño, las risas y el intercambio de pensamientos en cada oportunidad de vernos. Agradezco a la querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo porque con su gestión, personal y estudiantes han hecho este proceso educativo más interesante, por el conocimiento brindado, las experiencias adquiridas y la inefable cantidad de memorias que me han ayudado a ser una excelente profesional, amiga y compañera, que llevaré en mi ser para siempre. Gracias también a los docentes y técnicos de laboratorio por complementar los conocimientos generados, tanto de forma teórica, como práctica, de forma incondicional en todo este proceso de investigación; y también gracias a todas las personas que han pasado por mi vida en este trayecto estudiantil, que han dejado sus huellas en mi corazón y me han ayudado en diferentes etapas de mi vida.

Angie

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Justificación.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Generalidades.....	5
2.1.1. <i>Extracción y composición de la jaca</i>	5
2.1.2. <i>Almidones comunes</i>	5
2.1.3. <i>Harina de semillas de la jaca</i>	5
2.1.4. <i>Propiedades organolépticas del chocolate</i>	6
2.1.5. <i>Calidad del cacao convencional</i>	6
2.1.6. <i>Evaluación sensorial del chocolate</i>	7
2.1.7. <i>Tratamiento de las pepas de Jackfruit a nivel de laboratorio</i>	7
2.1.7.1. <i>Lavado y selección</i>	7
2.1.7.2. <i>Tostado y descascarillado</i>	7
2.1.7.3. <i>Secado</i>	8
2.1.7.4. <i>Molienda</i>	8
2.1.7.5. <i>Tamizado</i>	8
2.1.8. <i>Secadores utilizados en industrias alimentarias</i>	9

2.1.8.1.	<i>Secadores por conducción o indirectos</i>	9
2.1.8.2.	<i>Secadores por radiación</i>	10
2.1.8.3.	<i>Secadores directos o convectivos</i>	10
2.1.9.	<i>Tipos de secadores por convección</i>	10
2.1.9.1.	<i>Secadores de horno</i>	10
2.1.9.2.	<i>Secadores de bandejas o armario</i>	10
2.1.9.3.	<i>Secadores de túnel</i>	11
2.1.9.4.	<i>Secadores de lecho fluidizado</i>	11
2.1.10.	<i>Análisis proximal y bromatológico</i>	11
2.1.11.	<i>Análisis Microbiológicos</i>	12
2.1.12.	<i>Determinación de humedad</i>	13
2.1.13.	<i>Determinación de cenizas</i>	13
2.1.14.	<i>Determinación de grasas</i>	14
2.1.14.1.	<i>Métodos de extracción con solventes orgánicos</i>	14
2.1.14.2.	<i>Métodos de extracción intermitente (método de Soxhlet)</i>	15
2.1.15.	<i>Determinación de proteína</i>	16
2.1.16.	<i>Determinación de fibra</i>	17
2.1.17.	<i>Análisis microbiológico de mohos y levaduras</i>	17
2.1.18.	<i>Análisis microbiológico de E. coli</i>	18
2.1.19.	<i>Diseño factorial (Análisis estadístico)</i>	18
2.1.20.	<i>Análisis organoléptico</i>	19
2.2.	Antecedentes de la investigación	19
2.2.1.	<i>Historia y distribución</i>	19
2.2.2.	<i>Aspectos botánicos</i>	20
2.2.3.	<i>Clasificación taxonómica</i>	20
2.2.4.	<i>Variedades de la jaca</i>	20
2.2.5.	<i>Composición proximal</i>	21
2.2.6.	<i>Modificaciones físicas, químicas y enzimáticas del almidón de jackfruit</i>	22
2.2.7.	<i>Composición fitoquímica de la jaca</i>	23
2.2.8.	<i>Estructura molecular</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Enfoque de la investigación	25
3.2.	Alcance de la investigación	25

3.3.	Diseño de investigación	26
3.4.	<i>Tipo de estudio</i>	26
3.4.1.	<i>Documental</i>	26
3.4.2.	<i>De campo</i>	26
3.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	27
3.5.1.	<i>Métodos para procesar las semillas de la jaca</i>	27
3.5.1.1.	<i>Prelimpieza de la fruta</i>	27
3.5.1.2.	<i>Lavado de las semillas</i>	27
3.5.1.3.	<i>Secado</i>	28
3.5.2.	<i>Análisis proximal y microbiológico</i>	29
3.5.3.	<i>Diseño factorial y pruebas hedónicas</i>	32

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1.	Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	33
4.1.1.	<i>Comparación de la evaluación sensorial</i>	33
4.1.2.	<i>Tratamientos preliminares</i>	33
4.1.2.1.	<i>Secado de las semillas de jackfruit previamente seleccionadas</i>	33
4.1.2.2.	<i>Granulometría de la harina de jackfruit</i>	38
4.1.2.3.	<i>Análisis proximal y fisicoquímico de la harina</i>	38
4.1.2.4.	<i>Análisis microbiológico</i>	40
4.1.2.5.	<i>Análisis organoléptico</i>	41
4.2.	Discusión	45

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1.	Conclusiones	47
5.2.	Recomendaciones	49

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Métodos para el análisis proximal.....	11
Tabla 2-2:	Requisitos máximos y mínimos del análisis proximal	12
Tabla 2-3:	Métodos para el Análisis Microbiológico.	12
Tabla 2-4:	Clasificación taxonómica.....	20
Tabla 2-5:	Composición proximal de frutos jóvenes, maduros y la semilla sobre la base del peso fresco (por 100g)	21
Tabla 2-6:	Modificaciones del almidón de jaca.....	22
Tabla 2-7:	Estructuras químicas importantes del jackfruit	24
Tabla 3-1:	Especificaciones del Análisis proximal.....	29
Tabla 3-2:	Especificaciones del Análisis microbiológico.....	30
Tabla 4-1:	Características sensoriales de la materia prima y el producto final	33
Tabla 4-2:	Fórmulas para obtener la velocidad de secado	34
Tabla 4-3:	Resultados para la velocidad de secado a $62 \pm 5^{\circ}\text{C}$	34
Tabla 4-4:	Resultados para la velocidad de secado a $42 \pm 5^{\circ}\text{C}$	36
Tabla 4-5:	Granulometría de la harina.....	38
Tabla 4-6:	Resultados Análisis Proximal	39
Tabla 4-7:	Formulaciones de bebidas experimentales respecto al diseño factorial	41
Tabla 4-8:	Formulaciones experimentales en base a 1 L de bebida.....	42
Tabla 4-9:	Evaluación del gusto.....	42
Tabla 4-10:	Evaluación de la textura.....	43
Tabla 4-11:	Evaluación del aroma.....	43
Tabla 4-12:	Evaluación del color	44
Tabla 4-13:	Evaluación de la aceptabilidad final.....	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Diagrama de flujo para el tratamiento de semillas de jaca	9
Ilustración 4-1:	Tiempo de secado respecto a la humedad	35
Ilustración 4-2:	Velocidad de secado	35
Ilustración 4-3:	Tiempo de secado	37
Ilustración 4-4:	Velocidad de secado	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DISEÑO FACTORIAL COMPLETO
- ANEXO B:** PROCESAMIENTO PREVIO Y SECADO DE SEMILLAS DE JACKFRUIT
- ANEXO C:** PROCESO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO
- ANEXO D:** ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE PH
- ANEXO E:** ANÁLISIS PROXIMAL
- ANEXO F:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS
- ANEXO G:** ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO
- ANEXO H:** ELABORACIÓN DE LA BEBIDA Y ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO POR
LOS PANELISTAS

RESUMEN

El presente trabajo presentó un aditivo innovador del jackfruit para mejorar las características del chocolate, debido a que este alimento no posee propiedades nutritivas significativas que aporten a nuestra salud, además de que se planteó difundir los beneficios del jackfruit por la falta de conocimiento en nuestro país, de manera que se elaboró almidón de semillas de la jaca para mejorar las propiedades del chocolate convencional, además de ser una investigación que aporta a la disminución de la contaminación al usar como materia prima las partes de la fruta que suelen desecharse. La investigación se enfocó en detallar el proceso para elaborar la harina, iniciando por la selección, lavado, tostado, secado, molienda y tamizado, cuyas operaciones unitarias se realizaron a condiciones específicas, además se evaluó la calidad proximal y microbiológica con técnicas detalladas en las normas INEN. Por otro lado, mediante el análisis estadístico se determinaron las formulaciones para comparar la dosis perfecta entre la harina, chocolate y los ingredientes complementarios, con la finalidad de que sea agradable al consumir, siendo comprobado por un panel de 50 personas elegidas al azar e inexpertas en el tema. Los resultados para el análisis microbiológico de mohos y levaduras fueron de 1.6×10^3 UFC/g, así como se identificó la presencia nula de *Escherichia coli*, además del análisis proximal con base en las normativas INEN 517, 519 y 520, generando resultados de 14.5% de humedad, 4.2% contenido de fibras, 5.67% de grasas y 0.028% de cenizas, afirmando que es un producto seguro de consumir y de excelente calidad. En base a los resultados emitidos en un nivel cualitativo y cuantitativo se estableció que la mejor formulación elegida por aproximadamente 50% de panelistas es aquella con las cantidades de: 20 g de harina de jaca y cacao en base a 200 ml de leche.

Palabras clave: <INVESTIGACIÓN>, <GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS>, <OPERACIONES UNITARIAS>, <CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS>, <PRUEBA HEDÓNICA>.

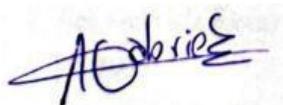
0412-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The present work presented an innovative additive of jackfruit to improve the characteristics of chocolate, because this product does not have significant nutritional properties that contribute to our health, in addition to the fact that it was proposed to spread the benefits of jackfruit due to the lack of knowledge in our country, so that jackfruit seed starch was prepared to improve the properties of conventional chocolate, besides, this research contributes to the reduction of pollution by using as raw material the parts of the fruit that are usually discarded. The investigation focused on detailing the process to elaborate the flour, starting from the selection, washing, roasting, drying, milling and sieving; these unit operations were carried out under specific conditions, and the proximal and microbiological quality was evaluated with techniques detailed in the INEN standards. On the other hand, by means of statistical analysis, the formulations were determined to compare the perfect dosage between flour, chocolate and complementary ingredients, with the purpose of making it pleasant to consume, being tested by a panel of 50 people chosen at random and inexperienced in the subject. The results for the microbiological analysis of molds and yeasts were 1.6×10^3 CFU/g, as well as the null presence of *Escherichia coli*, in addition to the proximal analysis based on INEN standards 517, 519 and 520, generating results of 14.5% moisture, 4.2% fiber content, 5.67% fat and 0.028% ash, affirming that it is a safe product to consume and of excellent quality. Based on the results issued at a qualitative and quantitative level, it was established that the best formulation chosen by approximately 50% of panelists is the one with the amounts of: 20 g of jackfruit flour and cocoa based on 200 ml of milk.

Keywords: <INVESTIGATION>, <ORGANIC WASTE MANAGEMENT>, <UNITARY OPERATIONS>, <FOOD CHARACTERIZATION>, <HEDONIC TEST>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

Mediante la investigación realizada se generó una alternativa saludable del chocolate, al complementarlo con el insumo a partir de las pepas de la jaca, dándole un aporte significativo al mejorar las propiedades organolépticas dados por los compuestos volátiles presentes, así mismo se genera una contribución nutricional por las proteínas y vitaminas que contiene la fruta. Este proyecto generado a escala piloto (nivel de laboratorio) presenta con más detalle el procedimiento completo para la obtención del producto y el manejo de los equipos, tal es el caso del tostado que debe tener un tiempo de exposición de 15 min, para el secado se generó la operación unitaria por un aproximado de 6 horas a una temperatura de 35 °C, entre otros. Cabe destacar, que el análisis proximal para determinar humedad, cenizas, carbohidratos y proteínas tiene su guía experimental en los documentos de las normas INEN, con las especificaciones respectivas, pero la escasa información sobre la investigación ha sido un limitante para basarnos en fuentes confiables y respaldar la experimentación. El método utilizado es cualitativo por las pruebas organolépticas al panel sensorial, cuantitativo por el empleo de análisis estadísticos, comparativos y matemáticos (en la curva de secado y la evaluación de la velocidad de secado) y experimental por su naturaleza de seguir la aceptabilidad del producto. En definitiva, el trabajo de integración curricular será un excelente aporte no solo por generar más información de esta fruta tropical poco conocida, sino también por su divulgación, contribución a la mejora en la gestión de residuos orgánicos, alternativas saludables para consumidores del chocolate y su complemento con variedad de proteínas, vitaminas y compuestos buenos para todo tipo de consumidor.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En Ecuador el Jackfruit ha sido recientemente introducida, razón por la cual carece de información entre los comerciantes y consumidores a nivel nacional, generando además la inexistencia de la industrialización, a pesar de ser una opción para la diversificación agrícola en la elaboración de procesos agroindustriales dada por la extensa biodiversidad del país. Cabe destacar, que la fruta es consumible en su totalidad, como alimento humano, alimentación animal e inclusive como fuente de madera para muebles; la pulpa suele ser procesada para elaborar jugo, galletas, chutnet, mermelada, gelatina, caramelo, pasta, cuero, néctar, entre otros (Khan et al. 2021, pp. 108-112). Las semillas generalmente son tratadas como desechos orgánicos, no obstante, posee diversas propiedades nutricionales que son beneficiosas para la salud, además, de que al ser correctamente secadas contienen compuestos volátiles agradables para el consumidor, por ejemplo, el aroma característico del chocolate, dado por los compuestos pirazínicos también presentes en el cacao (Spada et al. 2017, pp. 1196-1208).

Ecuador al presentar las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo del jackfruit, debería promover las propiedades, productos y beneficios que aporta la misma; de manera que se extienda la siembra a nivel nacional e internacional. El biólogo Barrett relató en 1928 que “los frutos son tan grandes e interesantes, y los árboles resisten tan bien que es difícil explicar la falta general de conocimiento sobre ellos”. El árbol puede llegar a medir hasta 20 metros de altura y producir hasta 250 frutos, de manera que se menciona que “puede dar de comer a una aldea entera”, razón por la cual se han implementado varias organizaciones en la India para extender su cultivo a fin de contrarrestar la hambruna (Grigna Piña et al. 2010). El chocolate es un producto ampliamente consumido y apreciado en todo el mundo. No obstante, su sabor, textura y calidad pueden variar significativamente según la formulación y los ingredientes utilizados en su elaboración. En los últimos años, ha habido un creciente interés en buscar ingredientes naturales y sostenibles que mejoren las propiedades organolépticas del chocolate sin comprometer su calidad, uno de estos ingredientes emergentes es la harina de semillas de jackfruit.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Obtener harina de semillas de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*) para potencializar las características organolépticas del chocolate.

1.2.2. Objetivos específicos

- Obtener la composición proximal de la harina, según el Instituto Ecuatoriano de Normalización “NTE INEN” para garantizar la calidad e inocuidad del producto en complemento a otras harinas de tipo vegetal y comercial. Complementándolo con el análisis microbiológico.
- Realizar un análisis factorial para determinar las formulaciones con las cantidades adecuadas de harina de la fruta con respecto al cacao y los aditivos, para obtener los ensayos al azar útiles para los análisis posteriores.
- Analizar la mejor concentración de harina del jackfruit empleando distintos parámetros para perfeccionar el sabor y otras propiedades sensoriales del chocolate.
- Determinar la formulación más agradable para el consumidor de la bebida chocolatada, mediante la evaluación sensorial con panelistas elegidos al azar y encuestas específicas sobre la aceptabilidad del producto.

1.3. Justificación

El propósito principal de esta investigación es difundir las extensas aplicaciones en la salud, agricultura y nutrición que implica el jackfruit a nuestro país, mediante un producto innovador compuesto por el chocolate más el aditivo extraído de la fruta, cabe mencionar que “el consumo de chocolate en Ecuador al año oscila entre los 300 y 800 gramos por persona” (Revista Líderes, 2013).

Además, el tema planteado tiene un enfoque para dirigir el uso de esta fruta en la industria alimentaria con el propósito de implementar los aportes de la jaca y sus semillas, así como, plantear nuevas alternativas dadas por los beneficios medicinales usado de forma general como antibacterial, antidiabético, antioxidante, antiinflamatorio y antihelmínticas. Por otro lado, se menciona que el jackfruit o jaca contiene ligninas, flavonas y saponinas que poseen propiedades anticancerígenas, antiulcerosas, antihipertensivas, entre otras. La literatura nos informa que las semillas del jackfruit contienen lectinas como jacalina y artocarpina, siendo materia útil en la

evaluación del estado inmunitario de pacientes infectados con el virus de la inmunodeficiencia humana (Mukprasirt y Sajjaanantakul, 2004, pp. 271-276). Así mismo, se ha evaluado que las nanopartículas de las semillas son efectivas contra las bacterias *Escherichia coli* y *Bacillus megaterium*, también sirve para contrarrestar el efecto de hinchazón por mordeduras de serpientes, para la terapia de asma, trastornos de la piel, reducción de la absorción de grasa, reducción de enfermedades cardíacas, etc. Así mismo, se dice que “las semillas son beneficiosas en superar la toxicidad debida al alcohol” lo cual se utiliza en antídotos para bebedores empedernidos. Por otro lado, la fruta ha sido implementada también en la prevención y tratamiento de estrés mental y ansiedad (Khan et al. 2021, pp. 108-112), así, confirmamos que la materia prima seleccionada para la investigación será altamente beneficiosa para todos los consumidores, productores y distribuidores, tanto de la fruta como del producto propuesto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

2.1.1. *Extracción y composición de la jaca*

Existen diversos métodos para extraer el almidón de jaca, que se usa sobre todo en húmedo, alcalino y enzimático, donde se debe tratar con agua, reactivo o enzimas. Cada método conduce a diferentes proporciones de extracción de almidón, lo cual se vincula directamente con los rendimientos en las cantidades de la harina. El método más popular de molienda puede reducir el contenido de proteína en el almidón extraído en un porcentaje mejor al 1% (Zhang et al. 2021).

2.1.2. *Almidones comunes*

El interés creciente en la utilización de este tipo de almidón con su componente principal de las semillas con un 60% a 80% base de materia seca. Los almidones representan la fuente más relevante de los carbohidratos, se obtienen de diversas fuentes vegetales con distintas estructuras químicas, composiciones y características, influenciadas por diversas condiciones en todo el proceso de agricultura (Kaur, Fazilah y Karim, 2011, pp. 463-471). Entre las harinas más conocidas se encuentra el almidón de maíz, de trigo, arroz e incluso el de yuca.

2.1.3. *Harina de semillas de la jaca*

El almidón de esta fruta tropical posee algunas propiedades funcionales deseables y diferentes (alto contenido de amilosa, temperatura de gelatinización y baja digestibilidad) en comparación con otras harinas (Zhang et al. 2021), además posee un potencial en la industria alimentaria dado por su composición nutricional y su versatilidad, con textura suave y fina, lo que la hace fácil de incorporar en diversas preparaciones; respecto a la nutrición ha sido incorporada en diversos productos alimenticios como salsas, panes, tortas, galletas, sopas y otros productos horneados, además de actuar como un agente espesante y mejorador de textura en varias recetas.

2.1.4. *Propiedades organolépticas del chocolate*

Las cualidades sensoriales que deben tener los granos de cacao se relacionan con un buen aroma y bajo o nulo sabor secundario a otros componentes como el humo, moho y acidez excesiva (Navarrete, 1992).

Para el sabor se debe reconocer que esta es una sensación percibida por las papilas gustativas de la lengua, entre las cuales se distinguen los diversos parámetros:

- **Acidez:** sabor ácido, debido a los ácidos volátiles y no volátiles que son percibidos principalmente en la mitad de la lengua, se lo puede vincular con frutas cítricas (Navarrete, 1992).
- **Amargor:** sabor fuerte, generalmente producido por la falta de fermentación, percibido en la zona posterior del paladar, relacionado con el sabor del café (Navarrete, 1992).
- **Astringencia:** la percepción que causa una contracción en la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación seca y áspera en la lengua, cuya referencia se puede relacionar con el cacao no fermentado (Navarrete, 1992).
- **Dulce:** sabor percibido principalmente a los lados de la lengua y produce salivación (Navarrete, 1992).

Respecto a los sabores específicos se debe considerar los siguientes factores:

- **Cacao:** describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos, como referencia se da las barras de chocolate (Barragán, 2000).
- **Floral:** licores con sabor y aroma a flores, tales como las flores de cítricos (Barragán, 2000).
- **Frutal:** caracterización de licor con sabor a fruta madura, es decir, cualquier nota dulce agradable como los frutos secos (Barragán, 2000).
- **Nuez:** característico de los cacaos tipo criollos y trinitarios (Barragán, 2000).

2.1.5. *Calidad del cacao convencional*

Este factor depende directamente de las exigencias de cada mercado y del fin que se lo destine, siendo este el principal ingrediente o materia prima para la elaboración del chocolate, su calidad abarca diferentes características físicas que se refieren al tamaño y presentación de las almendras y características organolépticas que posea una determinada muestra (Graziani de Fariñas, 2006). La calidad del cacao la determinan factores que influyen en el sabor, aroma, color y textura, como la variedad del cacao, condiciones geográficas y climáticas del lugar donde se cultiva, proceso de

cultivo o manejo agronómico, fermentación de las semillas tras la cosecha, secado, almacenamiento y procesamiento.

2.1.6. Evaluación sensorial del chocolate

En este parámetro se considera en esencia un análisis sensorial, con variables cualitativas como: **Apariencia:** el chocolate que posea una buena calidad posee un aspecto brillante y un color constante que va de marrón claro a oscuro, dependiendo el tipo de chocolate. Las manchas blancas que se pueden apreciar sobre la superficie se dan por la migración de la grasa o del azúcar dando como resultado productos no deseables, que afectan la calidad y aceptación de los mismos (Afoakwa, 2016, pp. 1-14).

Textura: se evalúa la suavidad, fusión y dureza; refiriéndonos al primer parámetro se hace referencia a la refinación de las partículas del chocolate, en la textura se relaciona la fusión de la manteca de cacao, cuya estructura cristalina (de la manteca) debe proporcionar brillo y estabilidad al chocolate, así como la percepción de la transición entre el material sólido a líquido suave en la boca. Finalmente, la dureza, en la que los productos de chocolate sin leche en su formulación presentarán una mayor firmeza al morder (Afoakwa, 2016, pp. 1-14).

Las características esperadas de un buen chocolate consisten en un producto firme, sólido y con un buen chasquido en condiciones ambientales, además de ser fácilmente derretible al gusto.

2.1.7. Tratamiento de las pepas de Jackfruit a nivel de laboratorio

2.1.7.1. Lavado y selección

Cuando la fruta se encuentre lavada por inmersión con agentes desinfectantes, se clasificarán las pepas que se usarán según el color, olor, grado de madurez y textura. Las cuales también deben pasar por un proceso de desinfección para obtener un producto de buena calidad.

2.1.7.2. Tostado y descascarillado

Este proceso fue realizado para retirar de forma más sencilla la cáscara de las pepas, para lo cual se sometió 928 g de materia prima al secador de bandejas a una temperatura de 23 °C por 30 minutos, tiempo en el cual la cáscara se ha desprendido parcialmente y facilita la separación de la membrana externa con las pepas. En el descascarillado se obtuvo un residuo de 70 g.

2.1.7.3. Secado

Para el secado de las semillas es importante considerar la temperatura y el contenido de humedad para una buena conservación, para la reducción de la humedad es necesario considerar técnicas que no perjudiquen la calidad de las semillas, evitando la infestación, calentamiento y el deterioro. En términos generales, los métodos de secado ocupan temperaturas altas de aire entre 35 °C a 45 °C (Correa et al. 2013, pp. 21-23).

2.1.7.4. Molienda

Esta operación consiste en la reducción del tamaño de partícula, que necesita de una fuerza mecánica sobre la materia prima, de forma que se produzca un cambio por el esfuerzo de deformación, además, dependiendo de la naturaleza de la fuerza aplicada y de la resistencia, nuestra materia prima puede sobrepasar el límite elástico, resultando una deformación permanente o sufrir una deformación elástica (siendo capaz de retomar su forma inicial al dejar de aplicar la fuerza) (Loubes, 2015, pp. 31-136).

2.1.7.5. Tamizado

En esta etapa se pasa nuestro producto casi finalizado por tamices, los tamaños de cada tamiz dependen de la materia a clasificar, normalmente para la harina se siguen las normas NTE INEN con tamaños de partícula específicos, que se detallarán en los siguientes apartados. En la Ilustración 2-1 se puede observar los pasos de forma más detallada.

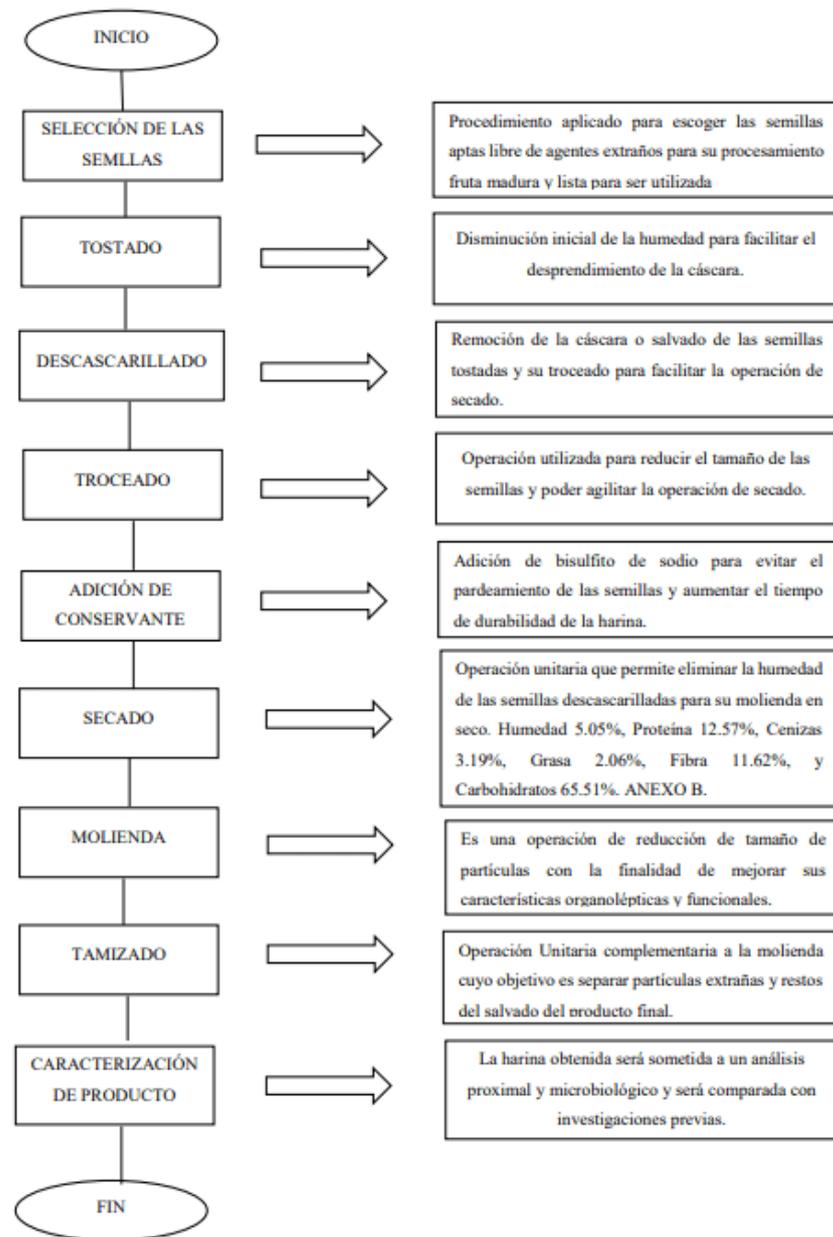


Ilustración 2-1: Diagrama de flujo para el tratamiento de semillas de jaca

Fuente: Aldaz, 2018, pp. 17.

2.1.8. Secadores utilizados en industrias alimentarias

2.1.8.1. Secadores por conducción o indirectos

En este tipo de secador se da la transmisión de calor hasta el material, con el principio de conducción, pero por medio de una pared, normalmente de material metálico; la fuente calorífica puede ser agua caliente, gases de combustión, resistencia eléctrica, aceites térmicos o vapor que condensa. La ventaja de este equipo es que permite la recuperación del disolvente seleccionado y son precisos para la desecación a bajas presiones.

2.1.8.2. Secadores por radiación

El principio consiste en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto, cuya energía puede producirse eléctricamente o por refractarios solo calentados con gas.

2.1.8.3. Secadores directos o convectivos

Su mayor característica es que entran en contacto directo entre los gases calientes y el sólido húmedo para provocar la convección, arrastrando los vapores producidos fuera del secador, además, el gas puede ser inerte, producto de la combustión, vapor recalentado o aire calentado por radiación solar o vapor de agua.

2.1.9. Tipos de secadores por convección

2.1.9.1. Secadores de horno

Es uno de los equipos más sencillos, en este el aire para el secado debe ser calentado por un quemador en el piso inferior del equipo y atravesar por convección forzada o natural el segundo piso, perforando en el que se asienta el lecho de producto a secar (Fito Maupoey, 2001).

2.1.9.2. Secadores de bandejas o armario

Está conformado por una cámara de metal con forma rectangular, con soportes móviles sobre los que se sujetan los bastidores, funcionan normalmente en un régimen intermitente, respecto a los bastidores estos llevan los números de bandejas poco profundas ubicadas una sobre otras con un espacio de separación considerable (Fito Maupoey, 2001).

Para su funcionamiento se hace circular aire caliente mediante el ventilador que se encuentra acoplado al motor, por el conducto de salida se permite la evacuación del aire húmedo resultante del proceso de secado y en efecto, en la abertura entra el aire fresco. Los rendimientos térmicos suelen estar entre el 20 y el 50%, por lo cual, son útiles para cantidades pequeñas de productos valiosos (Fito Maupoey, 2001).

2.1.9.3. Secadores de túnel

Su funcionamiento es similar al secador de bandeja, pero de forma semicontinua, en el cual las bandejas deben ser rellenas sobre carretillas que se trasladan en todo el túnel de secado (Fito Maupoey, 2001, pp. 11-31).

2.1.9.4. Secadores de lecho fluidizado

El secador por fluidización genera un movimiento sobre las partículas por la corriente de aire, aumentando una mayor superficie de contacto del sólido hacia el gas, produciendo una evaporación eficiente. Los factores más importantes que influyen en este proceso son el flujo de aire, condiciones de humedad y temperatura. Razón por la cual, para poder controlar adecuadamente este proceso se debe conocer cómo se genera el flujo de aire, las condiciones de funcionamiento y la naturaleza del material (Riveros, 2007, pp. 12-19).

2.1.10. Análisis proximal y bromatológico

El análisis proximal es el método más frecuente usado para expresar la calidad nutritiva global o general de un alimento, en el cual se identifica y mide la cantidad de nutrientes presentes, divididos en seis grupos: contenido de humedad, fibra cruda, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo y elementos libres de nitrógeno, los cuales son una medida indirecta del contenido total de carbohidratos (Barrera, Tapia y Monteros, 2003, pp. 94-99).

Los análisis que se realizarán en el producto final serán los siguientes:

Tabla 2-1: Métodos para el análisis proximal

ENSAYO	TÉCNICA	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	Gravimetría	INEN 518
Proteína	Kjheldal	INEN 519
Fibra	Weende	INEN 522
Grasa	Gravimetría	INEN 523
Ceniza	Gravimetría	INEN 520

Fuente: Viteri y Gato, 2016, pp. 2.

Realizado por: Serrano A., 2024

Tabla 2-2: Requisitos máximos y mínimos del análisis proximal

REQUISITOS	UNIDADES	HARINAS DE TODO USO		MÉTODO DE ENSAYO
		MÍN.	MÁX.	
Humedad	%	-	14.5	INEN 518
Fibra	%	-	-	INEN 522
Grasa	%	-	-	INEN 523
Ceniza	%	-	0.85	INEN 520

Fuente: Viteri y Gato, 2016, pp. 2.

Realizado por: Serrano A., 2024

2.1.11. Análisis Microbiológicos

Estos análisis son útiles para evaluar la calidad y seguridad de los alimentos, la finalidad de estos ensayos es facilitar la interpretación de los resultados comparando con criterios vigentes, que definen la aceptabilidad según la presencia o ausencia de microorganismos, además de incluir requisitos microbiológicos, es decir, que se debe cumplir con los límites establecidos. Finalmente se concluye con un control microbiológico, que trata de comprobar los aspectos de capacidad de conservación, condiciones de higiene y presencia de organismos vivos (Iriarte, 2006).

Los parámetros microbiológicos del producto final se compararon con la norma NTE INEN 616:2015 sobre los requisitos para la harina de trigo, ya que no existe normativa para la materia prima utilizada en esta investigación debido a su grado de innovación.

Tabla 2-3: Métodos para el Análisis Microbiológico.

REQUISITO	UNIDAD	Caso	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1×10^3	1×10^4	NTE-INEN 1529-10 AOAC 997.02*
<i>E. coli</i>	UFC/g	5	5	2	<10	-	NTE-INEN 1529-8 AOAC 991.04*

* Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad

Fuente: INEN, 2006, pp. 4.

Los parámetros microbiológicos del producto final se compararon con la norma NTE INEN 616:2015 sobre los requisitos

Donde:

M: Límite de rechazo

m: Límite de aceptación

c: Número de muestras defectuosas aceptables

n: Número de muestras del lote que deben analizarse

2.1.12. Determinación de humedad

Para obtener el contenido de humedad los métodos más comunes consisten en el secado, calculando los porcentajes de agua por la pérdida en peso, mediante condiciones controladas y normalizadas.

No obstante, se requiere una base de comparación para interpretar correctamente los resultados, así que: a veces es difícil disminuir todo el porcentaje de humedad por secado; en el proceso se pierden algunas materias volátiles y a cierta temperatura el alimento es sensible a la descomposición (García y Segovia, pp. 3-6).

El principio de este método puede llevarse a cabo mediante estufas, con un tratamiento previo de la preparación de las muestras, tomando en cuenta las siguientes precauciones:

- Los alimentos con alto contenido de azúcar y grasa deben deshidratarse en una estufa al vacío a temperaturas menores a 70 °C.
- La disminución de agua en el alimento requiere que la presión parcial de agua en la fase de vapor sea menor a la que alcanza la muestra.
- Muchos productos al ser higroscópicos necesitan ser pesados apenas lleguen a la temperatura ambiente, además de ser envasados al vacío.
- El pardeamiento se produce por la interacción entre los azúcares reductores y los aminoácidos, sienten una reacción acelerada a temperaturas elevadas.

Para el procedimiento se emplea una estufa con circulación forzada de aire, pesamos las cápsulas o las bases sobre las que colocamos la materia prima, cabe destacar que se debe pesar las bandejas o cápsulas solas y con las muestras. Tras el secado controlado de 3 a 6 horas, dejamos enfriar y pesamos hasta obtener dos pesadas consecutivas constantes (García y Segovia, pp. 3-6).

2.1.13. Determinación de cenizas

Hace referencia al análisis de residuos inorgánicos remanentes de la oxidación e ignición completa de la materia orgánica del alimento. Es primordial conocer las características de los métodos generales con los que se pueden obtener estos valores numéricos, así como la ejecución del equipo para garantizar respuestas confiables. Existen tres formas generales de obtener las cenizas de un alimento: por tratamientos en seco guiados hacia el mayor tipo de alimentos; por vía húmeda (oxidación) para muestras con alto contenido de grasa como productos cárnicos y finalmente un análisis simple, con temperaturas bajas en seco para preparar las muestras al analizar los elementos volátiles (Márquez, 2017, pp. 3-8).

En esta investigación se obtendrá la cantidad de cenizas mediante vía seca, cuyo principio consiste en repetir la incineración de las muestras en períodos de 30 minutos, iniciando por colocar las muestras en los crisoles respectivamente tarados, e introducirlos a la mufla con una temperatura de 550 ± 15 °C hasta observar cenizas de color gris claro, sin fundir las cenizas, a la vez que se deja reposar en el desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente y pesar en cada interacción (Márquez, 2017, pp. 3-8).

2.1.14. Determinación de grasas

Las grasas y aceites, o lípidos, son compuestos de origen vegetal o animal compuestos (97-98%) de triglicéridos, que suelen ser solubles en solventes orgánicos e insolubles en agua. En el ámbito alimenticio, las grasas generan la función de suministrar energía al organismo, suministrando 2.3 veces más kilocalorías que los carbohidratos y las proteínas. Nuestro organismo guarda energía mediante el almacenamiento del exceso de grasa consumido (Héctor y Fernández, 2004, pp. 178-180). Otra función importante es que influyen directamente en las características organolépticas de los productos con alto contenido de grasas, especialmente en textura y sabor, ya que esos nutrientes son sensibles a procesos de oxidación (enranciamiento) cuyos productos finales de la reacción, como cetonas y aldehídos, comunican a sabores y alimentos desagradables.

Para determinar este parámetro los métodos consisten en separar la fracción lipídica del resto de los componentes de la matriz y la posterior medida de la fracción separada. Se pueden dividir en dos grupos: métodos butirométricos y de extracción con solventes orgánicos (Héctor y Fernández, 2004, pp. 178-180).

2.1.14.1. Métodos de extracción con solventes orgánicos

Se basan en la extracción sólido-líquido por las diferencias en la solubilidad de los compuestos de la muestra sólida en un solvente específico. Como la naturaleza apolar de las grasas, se extrae, solubiliza los compuestos y deja un residuo sólido con los componentes menos solubles, la desventaja del método es que no se separa porque no hay un límite exacto entre las solubilidades. Es necesario señalar que la fracción extraída no solo se compone por glicéridos y ácidos grasos, sino también por fosfolípidos, vitaminas liposolubles, esteroides, entre otros (Héctor y Fernández, 2004, pp. 178-180)..

Los solventes más empleados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe penetrar completamente la muestra.
- No debe ser tóxico en estado de vapor o líquido.

- No debe ser inflamable.
- No debe dejar residuos.
- Bajo punto de ebullición.
- Alta capacidad de solubilización.

En la práctica se usa normalmente el éter etílico y el éter de petróleo, y con menor frecuencia el hexano y cloroformo. Para preparar la muestra en función a las características de la matriz analizada, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Los sólidos deben ser divididos y homogenizados para garantizar un área suficiente de contacto.
- Para muestras con humedad mayor al 15-20%, deben secarse para facilitar la penetración del solvente en los tejidos, ya que si el material posee mucho contenido de agua el solvente actúa lentamente y la extracción será menos eficiente. Por otro parte, si el producto posee altos contenidos de humedad, el agua puede acumularse en la solución extractora, siendo más complicado la eliminación.
- Los productos con cantidades moderadas de almidón y proteína necesitan una digestión ácida previa para cuantificar la grasa total. Dado que, en muchos alimentos (más en productos cárnicos) parte de la grasa está acumulada en diferentes zonas, evitando la extracción total con solventes orgánicos. Por tanto, al realizar la digestión se compromete liberar casi por completo las fracciones lipídicas (Héctor y Fernández, 2004, pp. 178-180).

2.1.14.2. *Métodos de extracción intermitente (método de Soxhlet)*

En este método se emplea un equipo específico para el contacto suficiente entre una porción fresca del solvente con la muestra, por un tiempo relativamente largo. Uno de los equipos más usados para esta determinación es el “Soxhlet”, que consta de un tubo extractor provisto de un sifón y una tubuladura lateral. El extractor se conecta por un extremo inferior, en el extractor se coloca un dedal poroso que contiene la muestra y permite la entrada del reactivo al tiempo que el tapón impide la salida del sólido. Este debe tener una fuente de calor a la temperatura de ebullición del solvente, que será evaporado y se condensará en el refrigerante para caer sobre la muestra y atravesando las paredes porosas del dedal creando el contacto para solubilizar las grasas presentes (Héctor y Fernández, 2004, pp. 178-180).

2.1.15. *Determinación de proteína*

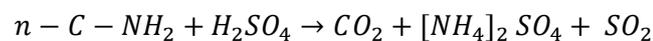
Para obtener las cantidades de proteína presentes en un alimento se puede acudir a varios métodos, entre los que el más reconocido es el de Kjeldahl, que determina las cantidades de nitrógeno en la muestra, ya que, como sabemos, es el principal en la estructura química de las proteínas. Es confiable, ya que se describe oficialmente en normas reconocidas como la INEN, AOAC, USEPA, ISO, entre otros. En términos generales se tiene la proteína bruta o total, puesto que, la cantidad de nitrógeno al depender de la naturaleza de cada producto contiene fracciones considerables de otros compuestos nitrogenados en forma de bases pirimidínicas, púricas, creatina, urea o amoníaco (Hayes, 2020, pp. 1-4).

Respecto a los fundamentos del método se menciona que, para medir el contenido del elemento antes dicho, con un proceso conformado por tres etapas:

- Digestión o mineralización
- Destilación
- Valoración

Pueden darse algunas fluctuaciones si en la destilación el nitrógeno es liberado y recogido en una disolución de ácido bórico, ácido clorhídrico o sulfúrico patrón.

Para la digestión tratada con el concentrado de ácido sulfúrico en presencia de un catalizador, la ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ión amonio:



Se conoce que la digestión finaliza al momento que la disolución adquiere un color verde esmeralda característico.

La etapa de destilación trata de alcalinizar la muestra digerida y el nitrógeno desprendido en forma de amoníaco, después de enfriar las muestras se debe agregar agua destilada con el hidróxido de sodio, a fin de alcalinizar el medio y desplazar el amoníaco de las sales amónicas. Este residuo es arrastrado por el vapor de agua (García y Segovia, pp. 3-6).

Finalmente, la cuantificación se da por la volumetría ácido-base del ion borato resultante, donde se ha utilizado el ácido clorhídrico o sulfúrico y una disolución alcohólica de rojo de metilo con azul de metilo para presentar el indicador (García y Segovia, pp. 3-6).

2.1.16. Determinación de fibra

La fibra se refiere a los componentes de la pared de las células vegetales, abarcando todo tipo de sustancias, en laboratorio nos referimos más concretamente al residuo orgánico comestible e insoluble a la fibra cruda o los polisacáridos y lignina resistentes a la digestión enzimática gastrointestinal (Polo, 2012, pp. 108-111).

La fibra cruda es aquella que consta en las tablas de composición nutricional y es determinada analíticamente, poniendo a los alimentos a un tratamiento térmico con ácido y base, donde pierde una fracción significativa de polisacáridos, de forma que dicha cruda tiene menor contenido que la dietética (Polo, 2012, pp. 108-111).

Este compuesto no puede ser metabolizado por los humanos, aun así, conlleva efectos beneficiosos para el organismo, puesto que intervienen en el metabolismo de carbohidratos y lípidos, además de regular la función intestinal, causando la reducción en absorción de grasas y desarrollando un efecto hipocolesterolémico (Sotelo et al. 2007).

2.1.17. Análisis microbiológico de mohos y levaduras

Estos microorganismos causan en los alimentos un tipo de contaminación fúngica, produciendo un deterioro que disminuye el tiempo de vida útil, no obstante, algunos hongos tienen la capacidad de emanar micotoxinas, que en el organismo humano pueden provocar infecciones o reacciones alérgicas; además, para que el hongo esparza no requiere de condiciones especiales, sino solamente de una base nutritiva (el alimento), humedad y temperatura entre 4 °C y 38 °C, siendo indispensable el análisis de este tipo con el respectivo conteo y reporte de resultados lo más exactos posibles (Calle, 2016, pp. 19-41).

Para identificar a los hongos se debe realizar un ensayo macroscópico de la colonia y analizar las características microscópicas. Dentro de los parámetros macro se incorporan variables como textura, color de la superficie, forma de la colonia y producción de pigmentos para saber distinguirlos, en lo que cabe a la morfología microscópica no hay variables significativas ni diferenciadoras, por lo cual en este análisis debemos basarnos en el ordenamiento de las esporas, método de producción, formas características, tamaño, entre otros (Calle, 2016, pp. 19-41).

La técnica para la determinación consiste globalmente en el conteo específico de las colonias, en unidades de UFC/ml (Unidades Formadoras de Colonias en un mililitro de solución) crecientes

en el agar dextrosa después de 24 h hasta 72 h de incubación a una temperatura de 30 ± 2 °C (Anacleto, Olga y Montenegro).

2.1.18. Análisis microbiológico de *E. coli*

Este tipo de microorganismos abarca a bacilos peritricos, no esporulados y Gramnegativos; que causan la fermentación de azúcares (como la xilosa, glucosa, arabinosa, manitol, etc.), resultando componentes ácidos, hidrógeno, etanol y dióxido de carbono, en estos cultivos se genera un ambiente anaerobio facultativo y el crecimiento se da desde pequeños inóculos en condiciones de pH iguales a 4.4 hasta 8.8; temperaturas de 9 °C - 44 °C y gradientes salinos de 0-0.65% (Calle, 2016, pp. 19-41).

Las bacterias provienen del tracto intestinal humano y animal (específico para especies de sangre caliente), lo cual señala que su propagación es generada por contaminación fecal, además al ser una especie de crecimiento rápido con distribución en suelo, agua, vegetales y animales puede exponer a patógenos entéricos a los consumidores y producir gastroenteritis. Por otro lado, puede ser destruido mediante pasteurización y almacenamiento en frío (especialmente a temperaturas de congelación) (Calle, 2016, pp. 19-41).

Para la identificación y conteo de la *E. coli* se aplican métodos in vitro tradicionales, continuamente de realizar una siembra en los medios de cultivo, para obtener una cepa pura. Se emplea una solución de agar específica para observar si la cepa produce fermentación a la lactosa y glucosa, para contar correctamente se debe aplicar el número más probable y obtener una valoración aproximada de los datos (Satán, 2021, pp. 4-14).

2.1.19. Diseño factorial (Análisis estadístico)

El enfoque principal a seguir se basa en un análisis y diseño factorial 2^k con la finalidad de determinar el mejor rendimiento respecto a la obtención de harina y la formulación más conveniente para potencializar las propiedades del chocolate con el almidón de la jaca. Por tanto, la investigación se regirá a crear una formulación única, evaluando las diferentes dosificaciones entre la harina, polvo de cacao, azúcar, leche, canela en polvo y otros ingredientes necesarios para la bebida de chocolate (Medina, 2011).

El diseño factorial es un método de análisis para conocer el grado de influencia de entre las variables, además, el diseño estadístico de experimentos es muy variado, sin embargo, el más

completo es: el factorial 2^k , que detalla las pruebas más adecuadas para conocer el efecto de “k factores” sobre una respuesta con su respectiva interacción (Medina, 2011).

Las ventajas del método son que se evitan los experimentos redundantes y brinda información precisa con experimentos mínimos e incertidumbre baja por las combinaciones generadas. Estos tratamientos constan de las posibles combinaciones con los factores, de manera que se pueda analizar el mejor resultado de forma más sencilla (Medina, 2011).

2.1.20. Análisis organoléptico

En este apartado se hace referencia a la disciplina para evaluar y comprender las características organolépticas de la harina de jackfruit, para analizar la calidad, aceptabilidad y preferencia de las formulaciones planteadas en el apartado anterior; en este sentido, se realizará un análisis sensorial, con la finalidad de identificar, analizar, medir lo más exacto posible e interpretar los datos obtenidos cualitativamente. Las técnicas usadas son: pruebas de consumidores para evaluar las preferencias de los panelistas o medir el grado de satisfacción del producto; y las pruebas analíticas que mide en detalle las propiedades sensoriales de las muestras (González et al. 2014, pp. 3-6).

En este caso se acudirá a las pruebas de los consumidores, específicamente a las hedónicas en las cuales se pide al panelista que califique o valore el grado de satisfacción general que le produce el producto, en la escala proporcionada por el analista. Las ventajas del diseño consisten en la valoración directa y efectiva, ya que se interactúa directamente con el grupo escogido para que evalúe las formulaciones propuestas y así seleccionar la de mayor agrado (González et al. 2014, pp. 3-6).

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Historia y distribución

Las fuentes mencionan que el árbol de la materia prima seleccionada, es decir, de la jaca es originaria de las selvas tropicales de los Ghats occidentales, en el suroeste de la India. No obstante, con el paso de los años, esta especie ha sido introducida en varias regiones tropicales del mundo, como en Bangladesh, Malasia, Birmania, Sri Lanka, Indonesia, Filipinas, islas del Caribe, Australia, Florida, Brasil, Puerto Rico y varias islas (Baliga et al. 2011, pp. 1800-1811).

La harina de semillas de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) se ha utilizado tradicionalmente en diversas culturas como una fuente alimenticia debido a su alto contenido de nutrientes. La jaca, es una fruta tropical originaria del sur de Asia, pero que ahora se cultiva en diferentes regiones tropicales. Las semillas de jackfruit son ricas en muchos nutrientes lo que la convierte en un producto potencialmente valioso para la industria alimentaria.

2.2.2. Aspectos botánicos

El proceso para desarrollar la fruta toma de tres a siete meses, compuesto por tres partes comenzando con el eje de la fruta, seguido por el perianto persistente y la verdadera. Tiene una forma cilíndrica oblonga y mide entre 30 y 40 cm de largo. La fruta es totalmente comestible a excepción de la corteza externa (Prakash et al. 2009, pp. 353-358).

2.2.3. Clasificación taxonómica

Tabla 2-4: Clasificación taxonómica

División del reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta (planta vascular)
Reino	Magnoliphyta (angiosperma, planta con flor, fanerógama)
Clase	Magnolipsida (dicotiledónea)
Subclase	Hamamelidae
Orden	Urticales
Familia	Artocarpus
Género	Artocarpus
Especie	<i>Heterophyllus</i> Lam

Fuente: Prakash et al. 2009.

Realizado por: Serrano A., 2024

2.2.4. Variedades de la jaca

Existen diversos tipos de jackfruit dependiendo de la fertilización, puede ser cruzada o por la propagación de semillas, su clasificación se genera por las propiedades fenotípicas y organolépticas, así como, también el tamaño del árbol, estructura de la hoja, forma del fruto, edad de fructificación, calidad de la pulpa, tamaño, entre otros (Craig, 2006, pp. 816).

Según la consistencia de la pulpa y la fruta en general, se reconocen dos morfologías, tales como, los copos pequeños, fibrosos, blandos y esponjosos con carpelos muy dulces y buen aroma, a comparación de la variedad crujiente, ligeramente dulce, de carpelos crujientes (Craig, 2006, pp. 816).

2.2.5. Composición proximal

Según (Waghmare et al. 2019) la harina de semillas del jackfruit es una fuente rica en carbohidratos, proteínas, grasas saludables y fibra dietética. Estudios han demostrado que estas semillas contienen un perfil nutricional interesante, incluyendo minerales como el calcio, hierro, fósforo, magnesio y potasio, así como vitaminas B y antioxidantes.

Por otro lado, en la evaluación del efecto antioxidante de la harina de la jaca en el chocolate, contiene componentes naturales específicos como los flavonoides y compuestos fenólicos. Un estudio realizado por (Suzihaque et al. 2022, pp. 451-455) examinó cómo la incorporación de esta harina afectó la actividad antioxidante del producto final. Además, se halló que este producto actúa como un agente antioxidante efectivo, lo que podría contribuir a la prolongación de la vida útil del chocolate y protegerlo contra el deterioro oxidativo.

Tabla 2-5: Composición proximal de frutos jóvenes, maduros y la semilla sobre la base del peso fresco (por 100g)

Composición	Fruta joven	Fruta madura	Semilla
Agua (g)	76.2-85.2	72.0-94.0	51.0-64.5
Proteína (g)	2.0-2.6	1.2-1.9	6.6-7.04
Grasas (g)	0.1-0.6	0.1-0.4	0.40-0.43
Carbohidratos (g)	9.4-11.5	16.0-25.4	25.8-38.4
Fibra (g)	2.6-3.6	1.0-1.5	1.0-1.5
Azúcares totales (g)	-	20.6	-
Minerales			
Minerales totales (g)	0.9	0.87-0.9	0.9-1.2
Calcio (mg)	30.0-73.2	20.0-37.0	50
Magnesio (mg)	-	27	54
Fósforo (mg)	20.0-57.2	38.0-41.0	38.0-97.0
Potasio (mg)	287-323	191-407	246
Sodio (mg)	3.0-35.0	2.0-41.0	63.2
Hierro (mg)	0.4-1.9	0.5-1.1	1.5
Vitaminas			
Vitamina A (UI)	30	1755-540	-
Tiamina (mg)	0.05-0.15	0.03-0.09	0.25
Riboflavina (mg)	0.05-0.2	0.05-0.4	0.11-0.3
Vitamina C (mg)	12.0-14.0	7.0-10.0	11
Energía (Kj)	50-210	88-410	133-139

Fuente: Wallace y Balasubramanian, 1966.

Realizado por: Serrano A., 2024

2.2.6. Modificaciones físicas, químicas y enzimáticas del almidón de jackfruit

El almidón realizado con esta materia prima tiene propiedades funcionales limitadas y diversos usos, para mejorar las propiedades de los almidones se ha modificado las propiedades por diversas técnicas, con tratamientos físicos, químicos y enzimáticos, por tanto, en el siguiente cuadro gráfico se mostrará las propiedades fisicoquímicas correspondientes a los almidones modificados de la jaca:

Tabla 2-6: Modificaciones del almidón de jaca

Método de modificación	Técnicas	Principio	Resultados de la modificación
Física	Tecnología mejorada de cocción por extrusión de almidón de jaca	Alta temperatura, presión, fuerzas de cizallamiento y baja velocidad del tornillo	Propiedades de digestión mejoradas
Física	Tratamiento hidrotermal	Temperatura de 70 °C durante 20, 30 o 60 min. para gelatinizar parcialmente	Gran capacidad de retención de agua
Física	Tratamiento hidrotermal	Temperatura de 80 °C durante 15 min.	Insoluble en agua a temperatura ambiente, baja cristalinidad
Física	Tratamiento de recocado	Temperatura de 45-60 °C durante 75h por encima de la temperatura de transición vítrea, pero por debajo de la gelatinización	Aumento del contenido de almidón resistente
Física	Tratamiento calor-humedad	Humedad de 20-23% y temperatura de 80-120 °C durante 6 a 16h	Aumento del contenido de almidón resistente
Química	Almidón con carboximetil	Temperatura de 70 °C pH de 9. Mezcla con metanol y 1-propanol o 2-propanol	Buena capacidad de absorción de agua, baja cristalinidad, alta viscosidad aparente
Química	Almidón de jaca hidroxipropílico	Almidón mezclado con 1 g/L NaOH con Na ₂ SO ₄ e insertar óxido de propileno a 40 °C con pH de 5.5	Insoluble o parcialmente soluble en agua a temperatura ambiente

Química	Modificación ácida a corto plazo del almidón	Almidón mixto ácido (ácido clorhídrico concentrado) con alcohol al 70% durante 15-30 min.	Mejora la densidad, estabilidad de congelación y descongelación, solubilidad y transmisión de luz
Química	Modificación ácida a largo plazo	Tratamiento con ácido clorhídrico a 1 M mezclado con almidón durante 1-15 días a 27 °C	Mejora la densidad, estabilidad de congelación y descongelación, solubilidad y transmisión de luz
Química	Ácido acrílico injertado	Iniciador: persulfato amónico y sulfito sódico (0.1g y 0.05g)	Se prepara una resina altamente absorbente de agua con almidón de la jaca
Química	Esterificación con óxido de propileno	Óxido de propileno en el rango de 5-50 ml a 40 °C por 24h	Aumentos en el nivel de hidroxipropilación o la sustitución molecular
Enzimática	Modificación de la amilasa	Amilasa al 8% con un pH de 5.5 y temperatura de 50-60 °C	Se obtiene jarabe de maltosa de color amarillo, buen sabor y viscoso

Fuente: Zhang et al. 2021.

Realizado por: Serrano A., 2024

2.2.7. Composición fitoquímica de la jaca

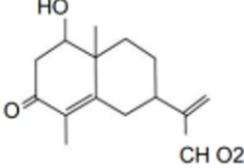
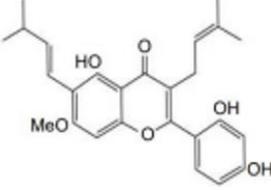
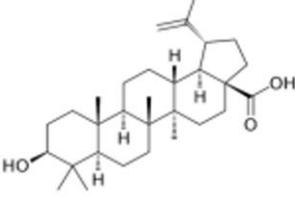
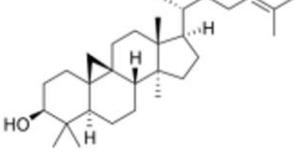
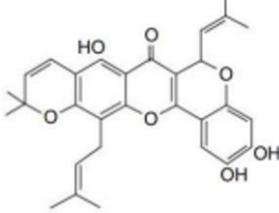
En este estudio hay que destacar los constituyentes volátiles destilados de la fruta, que contiene 54 componentes, de los cuales el 37.4 % eran alcoholes y el 32.2 % ácidos carboxílicos. Los principales componentes fueron 28.2% de 3-ácido-metilbutanoico y 24.3% de 3-metilbutan-1-ol. Por otro lado, los demás compuestos que aportan al característico sabor incluyen la 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona y la 2-acetil-pirrolina (Wong, Lim y Wong, 1992). En definitiva, los componentes volátiles del jackfruit contienen alrededor de 45 componentes de los cuales 32 no han sido informados con anterioridad. Los ésteres representaron una alta proporción del 31.9% esencial para el sabor de la fruta (Wong, Lim y Wong, 1992).

2.2.8. Estructura molecular

El *Artocarpus heterophyllus* contiene diversos constituyentes químicos como varios colorantes flavónicos, cicloartinona, artocarpina, cinomacurina, dihidromorina, artocapesina, morina, isoartocarpina, cicloartocarpina, norartocarpina, entre otros componentes, como ácidos grasos,

azúcar, ácido elágico y algunos aminoácidos esenciales como arginina, lisina, cistina, histidina, metionina, leucina, teonina, triptófano, etc (Prakash et al. 2009, pp. 353-358). De los compuestos más relevantes, se puede destacar que el heterofilol es un compuesto fenólico, la jacalina es la principal proteína que combina una cadena pesada de 133 residuos de aminoácidos con una cadena de 20 a 21 residuos de aminoácidos, cuyas estructuras se representan a continuación (Prakash et al. 2009, pp. 353-358):

Tabla 2-7: Estructuras químicas importantes del jackfruit

COMPUESTO	ESTRUCTURA
Heterofilol	
Artocarpina	
Ácido betulínico	
Cicloartenol	
Cicloheterofilina	

Fuente: Prakash et al. 2009.

Realizado por: Serrano A., 2024

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

El presente documento tendrá un enfoque principalmente cualitativo, puesto que, se planea obtener al máximo las propiedades organolépticas como el olor, sabor y textura del chocolate a partir de la harina de jackfruit, no obstante, se planea seguir un régimen cuantitativo para conseguir la mejor formulación entre la harina, azúcar y otros ingredientes a fin de obtener un producto de excelente calidad. Por otro lado, mediante el análisis proximal se realizarán pruebas a nivel de laboratorio para obtener datos numéricos de contenido de humedad, cenizas, carbohidratos, proteína, entre otros parámetros establecidos por las normas INEN 517, 519 y 520. En este sentido, estudios han demostrado que la harina del jackfruit puede mejorar la textura, estabilidad y valor nutricional de los productos alimenticios debido a su composición rica en fibra y almidón resistente, razón por la cual se busca obtener y analizar los datos numéricos y estadísticos relacionados con este nuevo producto innovador, con experimentos controlados y estandarizados mediante parámetros específicos, además, se aplicará una evaluación sensorial cualitativa mediante encuestas estructurada para obtener la percepción y preferencias de un panel de los degustadores respecto a las características de sabor, aroma, color y textura.

3.2. Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación puede variar según los recursos disponibles y algunos aspectos clave en los siguientes factores:

Elaboración de harina de jackfruit: investigación de diferentes métodos de procesamiento para obtener la harina, evaluación de las técnicas de secado, molienda y almacenamiento que afecta la calidad de la harina, determinación de la composición nutricional y las propiedades físicas.

Estudio del chocolate: análisis de la composición y propiedades del chocolate base para la investigación e identificación de los atributos sensoriales para mejorar los factores sensoriales.

Evaluación de las propiedades: determinación de los efectos al mezclar el chocolate convencional con la harina de jaca, así como la influencia sobre la estabilidad del nuevo producto y la modificación en el contenido de nutrientes y compuestos bioactivos del chocolate.

Análisis de impacto: consideración del potencial mercado y las preferencias del consumidor hacia este tipo de chocolate innovador.

Aspectos nutricionales y de salud: investigación sobre los beneficios potenciales para la salud del producto, así como el planteamiento de una nueva opción adecuada para personas con alergias o intolerancias alimentarias.

3.3. Diseño de investigación

El enfoque principal a seguir se basa en un análisis y diseño factorial 2^k con la finalidad de determinar el mejor rendimiento respecto a la obtención de harina y la formulación más conveniente para potencializar las propiedades del chocolate con el almidón de la jaca. Por tanto, la investigación se regirá a crear una formulación única, evaluando las diferentes dosificaciones entre la harina, polvo de cacao, azúcar, leche, canela en polvo y otros ingredientes necesarios para la bebida de chocolate. En este sentido se evaluará la parte cualitativa mediante un amplio panel de consumidores y encuestas de carácter cerradas, complementando todo el estudio con el análisis del cumplimiento de las normas INEN mencionadas en las pruebas proximales.

3.4. Tipo de estudio

3.4.1. Documental

Las fuentes principales para la investigación se centran en la recolección de bibliografías confiables, mediante la búsqueda de literatura científica, es decir, que se usará base de datos académicas para buscar artículos científicos relacionados con la elaboración de harina de jaca y sus propiedades en la industria del chocolate, para determinar la relevancia con el tema de investigación planteado, lo cual conlleva citar y referenciar las fuentes adecuadamente. Para complementar y profundizar en la investigación se acudirán también a libros, estudios, revistas científicas y fuentes de información seguras.

3.4.2. De campo

En este ámbito se planea llevar a cabo la investigación en los laboratorios de la facultad de Ciencias, así como en cualquier otra ubicación relevante donde se pueda obtener información adicional, por ejemplo, en zonas donde se encuentren consumidores de chocolate o productos derivados, a los cuales podamos aplicar la evaluación cualitativa para la mejor formulación de harina de jaca con chocolate, mediante pruebas de aceptabilidad a dichos consumidores seleccionados al azar. En este procedimiento, después de la obtención de los permisos correspondientes para realizar la investigación en las locaciones públicas o privadas, se

recopilarán los datos mediante las encuestas y cuestionarios para obtener respuestas objetivas sobre la calidad y características del chocolate elaborado con las semillas de la jaca.

En definitiva, el estudio de campo será la principal fuente de información primaria para realizar el análisis experimental (a nivel de laboratorio), complementando el estudio.

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Los principales métodos para la investigación serán de forma experimental, diseñando formulaciones y ensayos controlados para evaluar los parámetros de la composición proximal en las semillas del jackfruit, para reconocer cómo la incorporación de harina de jaca afecta las propiedades del chocolate, como la textura, sabor y estabilidad. Además, para las técnicas se plantean los análisis sensoriales para conocer la aceptabilidad del producto; los análisis físico-químicos para medir la composición nutricional, contenido de grasa, azúcar, proteínas y otros componentes. Para ello se requerirá de diversos instrumentos como el microscopio al examinar las partículas de la harina y su dispersión en la matriz del chocolate, las balanzas y equipos de medición a fin de pesar los ingredientes para las proporciones correctas; también será necesario el emplear un software de análisis de datos en el cual se procesará y analizará los datos obtenidos durante las pruebas y análisis respectivos.

3.5.1. Métodos para procesar las semillas de la jaca

El almidón que se usará para la investigación será obtenido del procesamiento de las semillas, incluyendo todos los pasos desde su preparación, con una manipulación eficiente que afectará la calidad final del producto. Por tanto, se debe seguir las siguientes actividades:

3.5.1.1. Prelimpieza de la fruta

En el primer paso después de una breve selección y clasificación de las semillas, según el estado óptimo, se debe retirar las partículas extrañas o residuos no deseados que se presentan en la superficie externa del fruto. Una vez limpias, se depositan en recipientes desinfectados para evitar la contaminación (Hurtado, 2007, pp. 10-27).

3.5.1.2. Lavado de las semillas

En este paso se retira todo tipo de residuo o material extraño que se encuentra adherido a la semilla, a la vez que realizamos un proceso rápido de desinfección mediante agua potable y vinagre (Altuna, 2011, pp. 8-10).

3.5.1.3. Secado

En esta operación unitaria se trata de disminuir el contenido de agua, puesto que, inicialmente presenta un porcentaje de 56 a 66.2% de humedad. Con el secado se trata de alcanzar una cantidad de agua entre 5 y 10% para facilitar los procesos para la elaboración de la harina (Hurtado, 2007, pp. 10-27). El tiempo total necesario dependerá directamente de la humedad inicial de la materia prima, velocidad de secado y porcentaje final deseado de humedad.

La primera fase del secado ocurre cuando la presión de vapor dado por la humedad superficial de la semilla es mayor a la del aire que la rodea. En este sentido, para esta etapa resultan mucho más eficientes los sistemas de secado a aire caliente ya que a mayor temperatura del aire mayor será la capacidad para enriquecerse de humedad y en consecuencia la cantidad de agua retirada de la superficie también será más elevada. En la segunda fase, el traslado del agua dentro de las semillas hacia la superficie se da por la difusión desde las zonas más húmedas hacia las más secas (Bonilla, 2014, pp. 42-49).

3.5.1.4. Molienda

Una vez que las semillas estén bien secas, las colocamos en un molino de alimentos para obtener una textura fina similar a la de la harina, un paso adicional y opcional es el tamizado, para tener un producto más fino y sin partículas muy diferenciadas o sin grumos.

Según (Campos y Covarrubias, 2013, pp. 45-60), la observación se considera como una técnica de investigación la cual contribuye al desarrollo de la investigación de manera útil, mediante la recopilación de datos sobre el objeto de estudio de forma coherente, organizada, y eficiente, acoplándose al método de investigación utilizado. Mediante esta técnica se espera recolectar información para verificar que las propiedades organolépticas son aceptables tras la aplicación del extracto de guayusa en la carne molida. El tipo de molino más recomendado por los técnicos de laboratorio para la realización de harina es el molino de piedra, puesto que, facilita el proceso mediante el ajuste de tamaño para las semillas grandes, o como alternativa también puede ser el molino de rodillos, a fin de que se pueda ajustar el espacio entre rodillos para controlar el grosor de la molienda (Bonilla, 2014, pp. 42-49).

3.5.2. Análisis proximal y microbiológico

Tabla 3-1: Especificaciones del Análisis proximal

PARÁMETRO	NORMA	PROCEDIMIENTO
Humedad	NTE INEN 518	Calentar la tapa con el pesafiltro respectivo por 30min en la estufa a una temperatura de 130 ± 3 °C. Posteriormente se deja enfriar en el desecador hasta la temperatura ambiental y pesar. Colocar 2 g de la muestra en el pesafiltro y calentarla por 1 h con las mismas condiciones de temperatura (no colocar la tapa). Sacar la muestra con el pesafiltro y su tapa hacia el desecador y pesar cuando llegue a la temperatura ambiente. Repetir las etapas hasta que la diferencia de masa de dos ciclos no varíe más de 0.1 mg (INEN, 2006).
Fibra	NTE INEN 522	<p>Pesar 3 g de muestra y colocar en un dedal poroso y tapanlo con algodón, calentarlo en la estufa a 130 ± 2 °C por 1 h. Transferir la muestra al desecador, una vez que esté a temperatura ambiente se transfiere al aparato de Soxhlet para la extracción de la grasa (con éter anhidro) por 4 h (con velocidad de condensación de 5-6 gotas/s) o por 16 h (con velocidad de 2-3 gotas/s). Culminada la extracción, dejamos reposar la muestra hasta que se evapore el solvente, llevamos a la estufa por 2h a 100 °C (después se deja enfriar en el desecador) (INEN, 2006).</p> <p>Pesar 2 g de muestra desengrasada y llevamos al balón de precipitación con volumen de 600 cm³. Agregamos 0.255 N de ácido sulfúrico, 200 cm³ de la solución hirviendo, 1 g de asbesto, una gota de antiespumante. Ubicamos el balón de precipitación en el digestor por 30 min, filtramos hacia un Erlenmeyer de 1000 cm³ y lavamos el residuo hasta disminuir al máximo la reacción acida (con agua destilada). El residuo se lleva al crisol de Gooch (con asbesto) y añadimos 25 cm³ de alcohol etílico, filtramos al vacío y colocamos en la estufa por 2 h a 130 ± 2 °C.</p> <p>Colocamos el crisol con la muestra seca e incineramos (en la mufla) a 500 ± 50 °C por 30 min, enfriar en el desecador y pesar. Cabe destacar que solo se debe realizar un ensayo de blanco con todos los reactivos (INEN, 2006).</p>

Grasa	NTE INEN 523	<p>Lavar el balón del aparato Soxhlet a 100 ± 5 °C (en la estufa), luego dejamos enfriar en el desecador y pesamos. Pesamos en el dedal 2.35 g de la muestra con 2 g de arena seca y tapamos el dedal con algodón hidrófilo para transferirlo a la estufa con temperatura de 130 ± 5 °C por 1 h (INEN, 2006).</p> <p>Sometemos la muestra en el aparato Soxhlet con éter anhidro, por 4 h (si la velocidad de condensación es de 5-6 gotas/s) o 6 h (si la velocidad es de 2-3 gotas/segundo). Para recuperar el disolvente lo destilamos y eliminamos residuos con ayuda del baño maría (INEN, 2006).</p> <p>Colocamos el balón (que contiene la grasa) en la estufa a 100 ± 5 °C por 30 min y lo dejamos enfriar en el desecador. Repetimos el ciclo en períodos de 30 min hasta que la diferencia de dos pesajes consecutivos no sea superior a 0.2 mg (INEN, 2006).</p>
Ceniza	NTE INEN 520	<p>Calentamos (en la mufla) el crisol de porcelana a 550 ± 5 °C por 30 min, enfriamos en el desecador y pesar. Una vez que tenga temperatura constante pesamos 5 g de muestra en el crisol y colocamos en la puerta de la mufla abierta. Luego posicionamos el crisol en la mufla a 550 ± 5 °C hasta evidenciar cenizas de color gris claro (sin fundir la muestra), dejamos enfriar en el desecador y pesamos nuevamente (INEN, 2006).</p> <p>El proceso debe repetirse en períodos de 30 min hasta que no se evidencie disminución de la masa.</p>

Fuente: INEN, 2006.

Realizado por: Serrano A., 2024

Tabla 3-2: Especificaciones del Análisis microbiológico

PARÁMETRO	NORMA	PROCEDIMIENTO
Mohos y levaduras	NTE INEN 1529-10	<p>Usando una pipeta estéril realizar alícuotas de 1 cm^3 de cada dilución decimal en placas Petri y añadir 20 cm^3 de agar sal-levadura de Davis fundido y templado a 45 ± 2 °C. Mezclamos el inóculo de siembra con el cultivo, imprimiendo a la placa en zigzag 5 veces en una dirección y girarlo cinco veces. Repetir la impresión con los movimientos finales, en sentido contrario (INEN, 2006).</p>

		<p>Con la placa de control no debe exceder de 15 colonias/placa, por 15 min. Para probar la esterilidad vertemos 20 cm³ del inóculo en la placa. Esperar hasta que la solución se solidifique. Invertimos las placas e incubamos por cinco días a temperatura de 22-25 °C. Después de dos días (comprobar la presencia del micelio aéreo), identificamos que las primeras colonias son las levaduras (generalmente redondas, estrelladas o cóncavas; las levaduras jóvenes son húmedas, mucosas, blanquecinas, harinosas, cremosas o rosadas). Por otro lado, los mohos tienen apariencia algodonosa (INEN, 2006).</p> <p>Después de cinco días seleccionar las placas que tengan entre 10 y 150 colonias, identificadas a simple vista, finalmente se cuenta las colonias y las placas inoculadas con la menor cantidad de muestra.</p>
E. coli	NTE INEN 1529-8	<p>Para confirmar la presencia de E. coli, se debe primero elaborar el ensayo de coliformes fecales, mediante la inoculación de dos a tres asas de los tubos positivos con 10 cm³ de caldo BGBL y en otro que tenga 3 cm³ de caldo triptona. Se incuba a 45.5 ± 2 °C en el baño maría por 48 h. Registramos la presencia de gas en los tubos y agregamos 2-3 gotas de reactivo de Kovacs a las muestras con agua triptona. Si en 5 min se forma un anillo rojo en la superficie de la capa de alcohol amílico la prueba es positiva para el indol, caso contrario será negativa (INEN, 2006).</p> <p>Mediante las pruebas IMVIC, identificamos al E. coli, para lo cual se requiere la diferenciación de las especies con ensayos de indol, rojo de metilo, sembrando en las muestras positivas un asa en una placa individual de agar eosina azul de metilo (o agar VRB), se incuba en placas invertidas por 24 h a 35 o 37 °C. Confirmamos totalmente la presencia de la bacteria mencionada se debe escoger 2-3 colonias bien aisladas (negras o nucleadas con brillo verde metálico de 2-3 mm de diámetro) y sembrar en estría en tubos de agar por 24 h (INEN, 2006).</p> <p>Hacer extensiones de los cultivos y teñirlos con el método de Gram, dependiendo del reactivo usado el</p>

		<p>método varía, no obstante, en las etapas finales se siembra el cultivo puro en el tubo de caldo MR-VP por 24 h a 35-37 °C, añadimos tres gotas de hidróxido de potasio al 40%, dos gotas de creatina al 0.5% y solución alcohólica de α-naftol al 6%. Luego de 15 min se observa si el color de la solución es rosado o rojo brillante para la prueba positiva (INEN, 2006).</p>
--	--	---

Fuente: INEN, 2006.

Realizado por: Serrano A., 2024

3.5.3. *Diseño factorial y pruebas hedónicas*

Para realizar la distribución normal de las formulaciones, nos basamos en el diseño estadístico y experimental 2^k , relacionando dos variables con sus cantidades mínimas y máximas. El procedimiento se realizó con la herramienta informática “minitab” para ejecutar el estudio de forma precisa y aleatoria, de forma que se especifica el número de factores, las corridas o en este caso las formulaciones, el bloque, el diseño de la base, réplica y en caso de ser necesario los puntos centrales, resultando el diseño factorial del ANEXO A.

Con el diseño factorial se especifican las formulaciones de acuerdo a las variables planteadas. Una vez especificada la distribución de los ingredientes para cada muestra, se deberá realizar las pruebas sensoriales (hedónicas) a los panelistas seleccionados al azar, para obtener el análisis correspondiente se puede aplicar técnicas de evaluación como la encuesta, con preguntas específicas de acuerdo al producto y, en efecto registrar las respuestas para transformar la evaluación de carácter cualitativo a cuantitativo para su posterior análisis.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Comparación de la evaluación sensorial

Para reconocer las diferencias sensoriales de la materia prima con el producto final como harina de jackfruit, se identificaron las propiedades en la siguiente tabla:

Tabla 4-1: Características sensoriales de la materia prima y el producto final

PROPIEDADES JACKFRUIT	SEMILLAS	HARINA
Olor	Ligeramente amargo	Acaramelado – ligero a chocolate
Color	Café oscuro	Café claro
Sabor	Astringente	Ligeramente dulce
Textura	Dura	Suave

Realizado por: Serrano A., 2024.

Las propiedades identificadas al inicio y final de la investigación son de gran importancia, porque depende de ellas la aceptación del producto hacia los consumidores; por lo que, se ha recolectado información útil como el olor característico de las semillas antes del tratamiento que son ligeramente amargas, estando en un punto de maduración máximo y óptimo para obtener las mejores características dadas por una fermentación natural. De esta manera se observó el color café oscuro propio de las semillas al ser recolectadas del fruto, respecto al sabor es astringente porque produce una sensación de “sequedad” o adhesividad en la lengua, dados por el amargor propio de las semillas, así como su dureza.

4.1.2. Tratamientos preliminares

4.1.2.1. Secado de las semillas de jackfruit previamente seleccionadas

Para identificar la influencia de la temperatura respecto al tiempo de secado óptimo se realizaron dos repeticiones en el secador de bandejas; previo a los tratamientos ya con las semillas limpias, desinfectadas y seleccionadas se las colocó en las bandejas de acero inoxidable cubierto con papel aluminio, de forma que no se dañe el material. Se distribuyó de forma homogénea la materia prima y se colocó a las temperaturas específicas, tomando los datos de peso por cada hora

transcurrida, cabe destacar, que el tiempo de secado adecuado será aquel que muestre tres datos consecutivos e iguales respecto al peso, los procesos mencionados se encuentran ilustrados en el ANEXO B.

En el primer tratamiento dado a una temperatura de $62 \pm 5^\circ\text{C}$, se obtuvo un peso constante de 0.525 kg correspondientes al peso del sólido seco (Mss) en un tiempo de 10 h, cabe destacar, que las medidas posteriores se tomaron para confirmar el peso constante de las semillas. Para evaluar las variables del secado, se realizaron las curvas de tiempo y velocidad de secado, mediante las siguientes fórmulas:

Tabla 4-2: Fórmulas para obtener la velocidad de secado

Masa agua (Kg)	Humedad total (Kg agua/Kg ss)	Humedad media (Kg agua/Kg ss)	Velocidad de secado (Kg/h*m ²)
$MA = \frac{Pa}{Mss}$	$Ht = \frac{MA}{Mss}$	$Hm = \frac{(Ht2 + Ht1)}{2}$	$W = \frac{Mss}{A} * \frac{\Delta Hm}{\Delta t}$
Donde: Pa: Peso del alimento Mss: Masa sólido seco	Donde: MA: Masa del agua	Donde: Ht2: Humedad total 2 Ht1: Humedad total 1	Donde: A: Área de la bandeja Δt: Resta de tiempos

Realizado por: Serrano A., 2024.

Una vez reemplazados los datos en las fórmulas correspondientes, se obtiene la Tabla 4-3, con los gráficos que se detallarán a continuación; en la Ilustración 4.1, podemos visualizar que se da una disminución de la humedad, que va decreciendo a medida que el tiempo transcurre, hasta llegar a las 10 h de secado, tiempo en el cual se llega a evaporar el máximo de agua contenida en las semillas.

Tabla 4-3: Resultados para la velocidad de secado a $62 \pm 5^\circ\text{C}$

Tiempo	Peso del alimento (kg)	Masa agua (kg)	Humedad total (kg agua/Kg ss)	Humedad media (kg agua/kg ss)	dHM/dT	W (kg/h*m ²)
0	0.93	0.43	0.85			
1	0.76	0.26	0.51	0.68	-0.35	0.90
2	0.71	0.21	0.41	0.46	-0.09	0.24
3	0.67	0.17	0.33	0.37	-0.08	0.21
4	0.58	0.08	0.15	0.24	-0.18	0.48
5	0.56	0.05	0.11	0.13	-0.04	0.11
6	0.55	0.05	0.09	0.10	-0.02	0.04
7	0.55	0.04	0.09	0.09	-0.01	0.02
8	0.54	0.04	0.07	0.08	-0.01	0.04
9	0.53	0.02	0.04	0.06	-0.03	0.07
10	0.53	0.02	0.04	0.04	0.00	0.00

Realizado por: Serrano A., 2024.

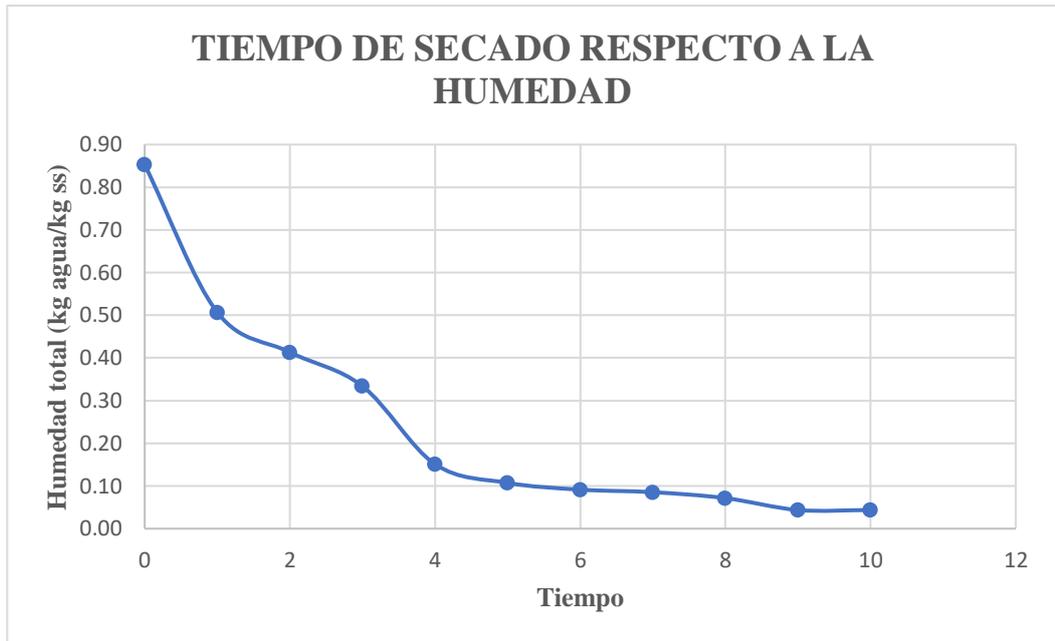


Ilustración 4-1: Tiempo de secado respecto a la humedad

Realizado por: Serrano A., 2024.

En la Ilustración 4-2. podemos observar que la velocidad de secado en el alimento es bastante irregular, los picos de la gráfica representan las fases en todo el proceso de deshidratación, dándose cambios de secado rápidos y períodos más lentos a medida que el contenido de humedad se reduce, cuya causa principal es el secado generado en días diferentes; es recomendable realizar un proceso continuo o semi continuo sin pausas tan largas, puesto que, las semillas pueden absorber la humedad del ambiente dependiendo de las condiciones climáticas. En otras palabras, los puntos críticos simbolizan la evaporación intensiva del agua dados por los cambios de factores externos como las condiciones ambientales.

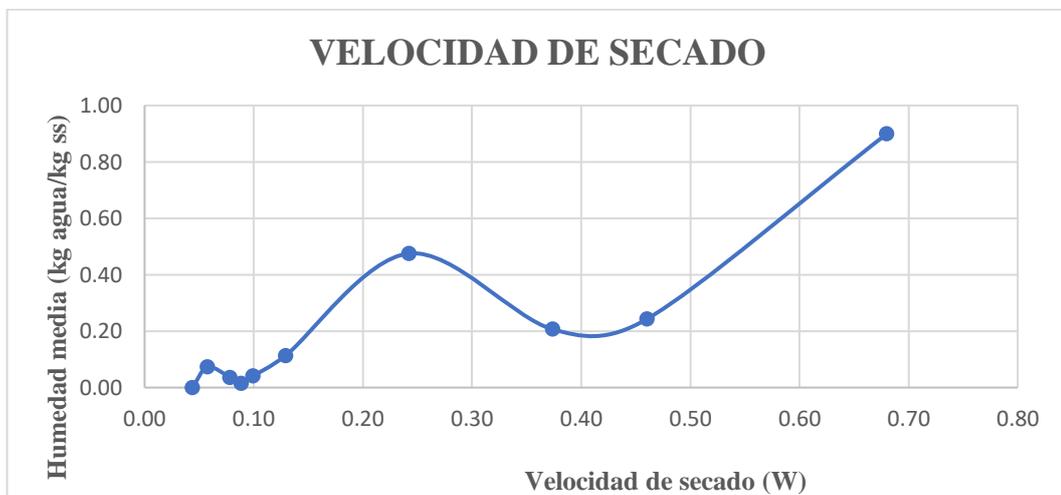


Ilustración 4-2: Velocidad de secado

Realizado por: Serrano A., 2024.

Para el segundo tratamiento, se sometieron a las semillas a una temperatura de $42 \pm 5^\circ\text{C}$, se obtuvo un peso constante de 0.503 kg correspondientes al peso del sólido seco (Mss) en un tiempo de 16 h. Tanto las fórmulas como cálculos deben ser sustituidos a los nuevos datos obtenidos, en este sentido se dan los siguientes resultados:

Tabla 4-4: Resultados para la velocidad de secado a $42 \pm 5^\circ\text{C}$

Tiempo	Peso del alimento (kg)	Masa agua (kg)	Humedad total (kg agua/Kg ss)	Humedad media (kg agua/kg ss)	dHM/dT	W (kg/h*m ²)
0	1.02	0.51	1.02			
1	0.94	0.43	0.86	0.94	-0.16	0.41
2	0.87	0.36	0.72	0.79	-0.14	0.36
3	0.82	0.32	0.63	0.68	-0.09	0.24
4	0.81	0.30	0.60	0.62	-0.03	0.08
5	0.80	0.29	0.58	0.59	-0.02	0.05
6	0.79	0.29	0.57	0.58	-0.01	0.04
7	0.78	0.27	0.54	0.56	-0.03	0.07
8	0.75	0.25	0.49	0.52	-0.05	0.13
9	0.72	0.22	0.44	0.46	-0.06	0.15
10	0.64	0.13	0.27	0.35	-0.17	0.44
11	0.53	0.02	0.05	0.16	-0.22	0.57
12	0.52	0.02	0.04	0.04	-0.01	0.02
13	0.52	0.02	0.03	0.04	-0.01	0.03
14	0.51	0.00	0.01	0.02	-0.02	0.06
15	0.50	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.02
16	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Realizado por: Serrano A., 2024.

La Ilustración 4-1, tiene la misma tendencia de la Ilustración 4-3. con lo que se puede interpretar que coincide el efecto de la temperatura y tiempo sobre la humedad, siendo indirectamente proporcionales, es decir, a mayor temperatura y tiempo de exposición la humedad será menor, así mismo, a temperaturas bajas y tiempos menores la humedad sobre el alimento no estará totalmente eliminada. De la misma manera se relaciona la temperatura de forma indirecta con el tiempo, tal es el caso del tratamiento 1 que a una temperatura de $62 \pm 5^\circ\text{C}$ alcanzó el equilibrio en 10 h, mientras que, el tratamiento 2 a $42 \pm 5^\circ\text{C}$ presentó una masa constante a las 16 h de secado.

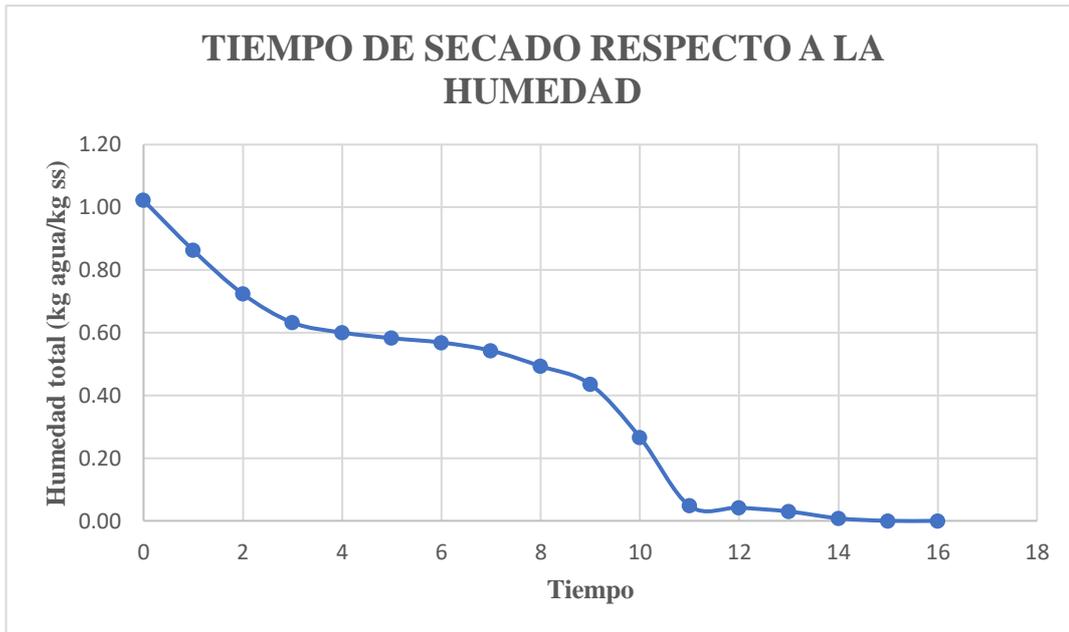


Ilustración 4-3: Tiempo de secado

Realizado por: Serrano A., 2024.

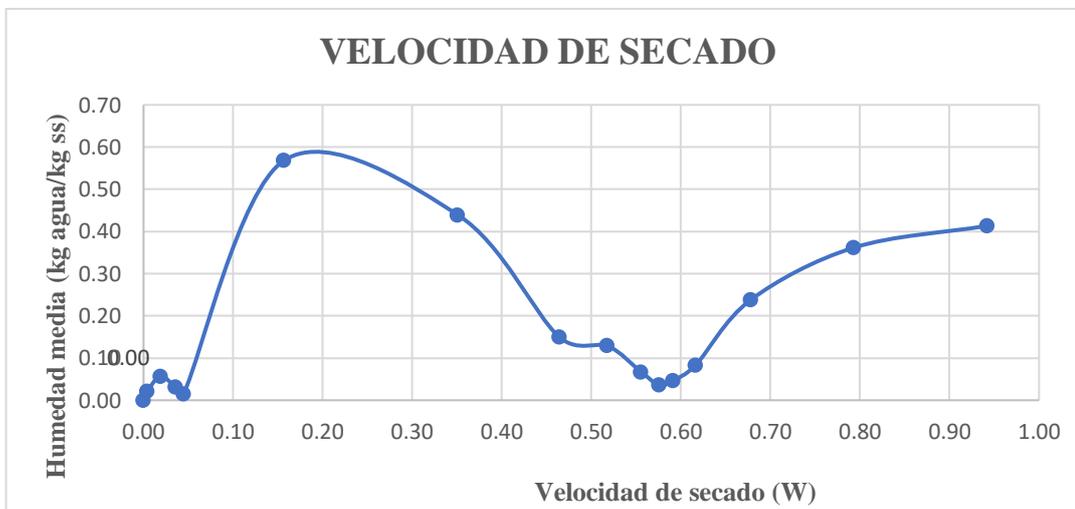


Ilustración 4-4: Velocidad de secado

Realizado por: Serrano A., 2024.

En la Ilustración 4-4, también se presentan puntos críticos y cambios en la velocidad de secado, pero en este caso menores ya que este tratamiento se efectuó con menos tiempos de espera entre cada fase de secado. Para lograr un mejor equilibrio y uniformidad, se plantea identificar las zonas específicas de la curva, donde se dé un secado más rápido a la inicial, para ajustar las condiciones de temperatura y mantener la curva más proporcional.

4.1.2.2. Granulometría de la harina de jackfruit

La granulometría del producto fue determinada respecto a la reducción de tamaño en la etapa de tamizado, para lo cual nos basamos en la norma NTE INEN 517:2013 en base a las harinas de origen vegetal. Se establece el uso de una torre de tamices con diámetros de 710 μm , 500 μm y 355 μm , no obstante, se usaron los tamices presentes en la Facultad de Ciencias en el laboratorio de Procesos Industriales, con aberturas de 600 μm , 425 μm y 300 μm , como se muestra en el ANEXO C.

En esta comparación se considera las cantidades del fondo, puesto que, será el producto valioso y final, con el tamaño de partícula adecuado para las formulaciones posteriores en el análisis organoléptico; sin embargo, se detalla en la Tabla 4-5, las cantidades de harina retenidas en cada tramo de la torre:

Tabla 4-5: Granulometría de la harina

TRATAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE	TRATAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	(g)	(%)	1	(g)	(%)
Tamiz 600 μm	255	63.59	Tamiz 600 μm	125	29.61
Tamiz 425 μm	48	11.97	Tamiz 425 μm	64	15.16
Tamiz 300 μm	21	5.24	Tamiz 300 μm	34	8.06
Fondo	77	19.20	Fondo	199	47.17
Total	401	100	Total	422	100

Realizado por: Serrano A., 2024.

4.1.2.3. Análisis proximal y fisicoquímico de la harina

Para el análisis fisicoquímico de la harina, se realizó el ensayo más importante respecto al pH de la muestra guiándonos en la norma NTE INEN 526:2012, para lo cual se diluyó los 10 g de muestra en 100 mL de agua destilada, se sometió a agitación por 30 min a temperatura ambiental y se dejó reposar. Para la lectura se calibró el potenciómetro con agua destilada y las soluciones estándar, una vez verificado, se arrojó un valor de 5.6 respecto a la concentración del ión hidrógeno; el procedimiento se encuentra reflejado en el ANEXO D.

Las cantidades de pH dadas en el potenciómetro pueden disminuir respecto a un mayor grado de maduración en el jackfruit, lo cual se interpreta como el pH de 5.6 se da por la elección de la fruta en un punto relativamente mayor estado óptimo de madurez a comparación de la investigación mencionada. Según las técnicas detalladas en el apartado 3.5.2, por las normas INEN para los análisis proximales, se produjeron los resultados de la Tabla 4-6., además la demostración de los

diferentes ensayos se encuentra especificados e ilustrados en el apartado y subapartados del ANEXO E.

Tabla 4-6: Resultados Análisis Proximal

CRITERIO	FÓRMULAS	DATOS	CÁLCULOS Y RESULTADOS	LÍMITE S
Humedad	$Pc = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$ Pc: pérdida por calentamiento m1: masa pesafiltro vacío m2: masa pesafiltro con muestra m3: masa pesafiltro con muestra seca	m1= 0.767 g m2= 4.073 g m3= 3.634 g	$Pc = \frac{4.073 - 3.634}{4.073 - 0.767} * 100$ $Pc = 13.28\%$	Máx.: 14.5%
Fibra	$Fc = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} * 100$ Fc: contenido de fibra cruda m: masa muestra desengrasa y seca m1: masa crisol con fibra seca m2: masa crisol después de la incineración m3: masa crisol en blanco m4: masa crisol en blanco después de la incineración	m= 0.50 m1=38.038 g m2= 37.478 g m3= 28.522 g m4= 27.938 g	$Fc = \frac{(38.083 - 37.478) - (28.522 - 27.938)}{0.5} * 100$ $Fc = 4.2\%$	-
Grasa	$G = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100$ G: contenido de grasa m: masa muestra inicial m1: masa del dedal de Soxhlet antes de la extracción m2: masa del dedal de Soxhlet después de la extracción	m= 5.0078 g m1=144.2591 g m2=144.5430 g	$G = \frac{144.5430 - 144.2591}{5.0078} * 100$ $G = 5.6692\%$	-
Ceniza	$C = \frac{100(m_2 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$ C: contenido de cenizas en harina de origen vegetal m1: masa del crisol vacío m2: masa del crisol con las cenizas H: % humedad en la muestra	m= 5.0078 g m1=144.2591 g m2=144.5430 g	$C = \frac{100(27.395 - 27.2567)}{(100 - 13.28\%)(32.2567 - 27.2567)}$ $C = 0.0277\%$	Máx.: 0.85%

Realizado por: Serrano A., 2024.

El porcentaje de humedad obtenido al 13.28% es adecuado, puesto que, la cantidad de agua en el producto no es tan elevada, de esta forma se da una correcta conservación y estabilidad de la harina, ya que los niveles inferiores de humedad reducen el riesgo de deterioro y proliferación de microorganismos, así como la rancidez, que nos será útil hasta el momento de realizar el análisis organoléptico.

Las variaciones notables en el contenido de fibras indica la calidad nutricional del producto elaborado, puesto que, un contenido de fibras más alto es beneficioso para la salud, porque este parámetro es conocido por promover la digestión saludable, así como ayudar en la regulación del azúcar en la sangre y el colesterol. Respecto a la cantidad de grasa 5.67% mayor al parámetro establecido al ser un compuesto hidrofóbico se aprovecha esta propiedad para retener la humedad en productos horneados o calentados para retener el contenido de agua y alargar la vida útil; además, como se mencionó en el marco teórico, esta fruta contiene en mayor proporción grasas insaturadas, que son beneficiosas para la salud cardiovascular e incluso para casos de obesidad. El último análisis proximal se elaboró respecto al contenido de cenizas, los cálculos elaborados con las muestras después del ciclo de incineración hasta tener un peso constante dieron un resultado redondeado de 0.028% que también cumple el límite máximo establecido de 0.85%, es indispensable mencionar que este ensayo es importante para conocer la cantidad de minerales e impurezas presentes en las muestras seleccionadas, es decir, que evaluamos si se cumple con el parámetro de calidad para evaluar la pureza de la harina.

4.1.2.4. Análisis microbiológico

Los ensayos de mohos, levaduras y *Escherichia coli* se llevaron a cabo en el LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS (saqmic), ubicado en la Avenida 9 de octubre y Madrid; dirigido por la Dra. Gina Álvarez como la responsable técnica de laboratorio, cuyos resultados, certificación y aprobación del análisis se encuentran plasmados en el ANEXO F. En este sentido, se siguieron las metodologías estandarizadas según las normas NTE INEN para los alimentos, específicamente guiado a las harinas de origen vegetal.

El conteo de mohos y levaduras por la técnica de recuento de placas por siembra, arrojó un valor de 1.6×10^3 UFC/g que se encuentra significativamente por debajo del límite establecido en la norma NTE INEN 1529-10, que especifica un valor referencial máximo de 1.0×10^4 UFC/g en los alimentos; este resultado demuestra el cumplimiento de los estándares microbiológicos para garantizar la calidad y seguridad del producto.

En el caso del análisis de *Escherichia coli*, las muestras fueron procesadas mediante la norma INEN 1529-8 determinando la ausencia de esta bacteria, motivo por el cual, cumple con los requisitos establecidos con un valor de referencia < 10 UFC/g, esto señala que el seguimiento de higiene desde la recolección de la fruta, hasta la elaboración de la harina y su envasado son adecuados, es decir, las técnicas de producción y procesamiento en la investigación están correctamente llevadas

a cabo, al presentar una detección nula de la *E. coli*, destacando la calidad microbiológica total del producto.

En este tipo de análisis, la implementación de las buenas prácticas de manufactura o BPM se evalúa, destacando la conformidad o no conforme con las normativas referenciales, crucial para garantizar la inocuidad de los alimentos, proporcionando un producto seguro y apto para el consumo.

4.1.2.5. Análisis organoléptico

En la última etapa de los análisis se elaboraron las pruebas sensoriales del producto, para lo cual se realizaron las bebidas experimentales en base al diseño factorial del ANEXO A, variando las cantidades del producto (harina de semillas de jaca) y de cacao en polvo, de forma que se pueda identificar la preferencia, rechazo o reemplazo de las dos variables por parte del consumidor. Para no afectar el análisis se mantuvo constantes los ingredientes complementarios, en una base de 200 mL de leche por cada formulación detallada en la Tabla 4-7., cabe destacar, que la tabla fue estructurada para el volumen de un vaso promedio. Cada formulación ha sido etiquetada con la respectiva nomenclatura: “BE” de bebida experimental adjunto al número de formulación aleatorizada:

Tabla 4-7: Formulaciones de bebidas experimentales respecto al diseño factorial

INGREDIENTES	CANTIDADES (g)			
	BE01	BE02	BE03	BE04
Harina de jaca	20	5	5	20
Polvo de cacao	5	5	20	20
Azúcar en polvo	15	15	15	15
Leche en polvo	5	5	5	5
Canela en polvo	0.4	0.4	0.4	0.4
Espesante	0.5	0.5	0.5	0.5
Leche	200 mL	200 mL	200 mL	200 mL

Realizado por: Serrano A., 2024.

En la preparación de las muestras se ha tomado como referencia la base de 1 L de leche, para lo cual se multiplica por un factor de 5, así obtenemos la base de 200 mL de un vaso estándar a 1000 ml de cada bebida, obteniendo las siguientes distribuciones de los ingredientes:

Tabla 4-8: Formulaciones experimentales en base a 1 L de bebida

INGREDIENTES	CANTIDADES (g)				TOTAL
	BE01	BE02	BE03	BE04	
Harina de jaca	100	25	25	100	250
Polvo de cacao	25	25	100	100	250
Azúcar en polvo	75	75	75	75	300
Leche en polvo	25	25	25	25	100
Canela en polvo	2	2	2	2	8
Espesante	2.5	2.5	2.5	2.5	10
Leche	1L	1L	1L	1L	4L

Realizado por: Serrano A., 2024.

Los panelistas escogidos al azar para realizar la prueba sensorial, constan de mujeres y hombres con edades entre 19 y 50 años, no alérgicos a los ingredientes especificados, los cuales probaron cada formulación y evaluaron los parámetros de sabor, olor, textura y color mediante la encuesta especificada en el ANEXO G. con las evidencias del ANEXO H., el número de participantes totales fue de 50 personas, destacando las preferencias por pregunta, los resultados de todas las preguntas fueron tabuladas y resumidas en las siguientes tablas:

Tabla 4-9: Evaluación del gusto

¿Qué tan agradable considera el sabor del chocolate en la bebida? Siendo 1 Poco Agradable y 4 Muy Agradable				
PUNTAJE	BE01	BE02	BE03	BE04
1	22	5	9	6
2	8	13	14	3
3	1	26	25	13
4	19	6	2	28

Realizado por: Serrano A., 2024.

En la primera pregunta de la encuesta se evaluó el sentido del gusto, es decir, lo que percibimos por medio de las papilas gustativas, para ello se da una escala de 1 (poco agradable), 2 (regularmente agradable), 3 (agradable) y 4 siendo el valor mayor la mejor aceptación por medio del gusto, en la primera bebida el puntaje mayor fue de 1 “poco agradable” con un total de 22 panelistas respecto a los 50 participantes, en la segunda formulación el valor mayor fue de 3 “agradable” para los 26 panelistas, en la tercera formulación la mayoría optó por un sabor “agradable” y en la última bebida un sabor “muy agradable”. De forma resumida la bebida experimental con mayor aceptación respecto al gusto fue la BE04 con un total de 28 participantes respecto a 50.

Tabla 4-10: Evaluación de la textura

¿Cómo describiría la textura de la bebida?				
TEXTURA	BE01	BE02	BE03	BE04
Cremosa	20	8	14	3
Ligera	4	36	31	14
Espesa	26	6	5	33
¿La textura contribuye positivamente a la experiencia en general? Siendo 1 Poco Satisfactorio y 4 Muy Satisfactorio				
PUNTAJE	BE01	BE02	BE03	BE04
1	14	4	5	8
2	11	18	18	7
3	5	22	24	12
4	20	6	3	23

Realizado por: Serrano A., 2024.

Para las preguntas 2 y 3 de la encuesta ubicadas en la Tabla 4-10. se evaluó la textura de la bebida, ya que la harina de jaca aporta mayor consistencia y espesor a la solución, además, también se interrogó si dicho parámetro es beneficioso para el producto, generando las siguientes respuestas: de la bebida experimental 1 de consistencia espesa muy satisfactoria, la 2 fue más ligera y satisfactoria, el número tres de igual forma es ligera y satisfactoria; y para la última la textura se definió como espesa y muy satisfactoria. En resumen, la bebida uno como la cuatro poseen las mismas características en cuanto a textura como experiencia en general.

Tabla 4-11: Evaluación del aroma

¿Qué tan intenso es el aroma de la bebida? Siendo 1 Poco Intenso y 4 Muy Intenso				
PUNTAJE	BE01	BE02	BE03	BE04
1	7	15	2	5
2	15	26	20	2
3	26	6	21	12
4	2	3	7	31

Realizado por: Serrano A., 2024.

El sentido percibido por medio del olfato cuyas respuestas están resumidas en la Tabla 4-11. fueron desde un aroma “muy intenso” como el presentado por la formulación 4, aroma “intenso” en la formulación BE03, olor “regularmente intenso” en la BE02 e igualmente “intenso” en la BE01. Es decir, que la formulación con los compuestos volátiles más notados fue la BE04 y la menor concentración en el aroma está la bebida BE02 como la BE03.

Tabla 4-12: Evaluación del color

¿El color influye en su expectativa sobre el producto?				
Siendo 1 Influencia Nula y 4 Alta Influencia				
PUNTAJE	BE01	BE02	BE03	BE04
1	7	23	0	6
2	18	13	24	6
3	20	7	18	8
4	5	7	8	30

Realizado por: Serrano A., 2024.

Como se ha especificado el análisis organoléptico incluye también el parámetro de color, para lo cual se estableció una escala de 1 “influencia nula”, 2 “baja influencia”, 3 “mediana influencia”, hasta 4 “alta influencia” con la evaluación de los panelistas hacia la BE01 con el puntaje mayor de 3 o mediana influencia del producto sobre el color; la segunda formulación o BE02 presentó por mayoría una baja influencia, la BE03 con influencia nula a comparación de la BE04 que al tener mayor concentración de harina y cacao generó mayor impacto y “alta influencia” del color sobre el producto elaborado.

Tabla 4-13: Evaluación de la aceptabilidad final

¿Del 1 al 5 con qué puntaje Calificaría este Producto?				
Siendo 1 Malo y 4 Muy Bueno				
PUNTAJE	BE01	BE02	BE03	BE04
1	14	3	6	5
2	15	27	17	7
3	19	10	23	13
4	2	10	4	25
¿Implementaría este Producto en su dieta?				
RESPUESTA	BE01	BE02	BE03	BE04
SÍ	19	26	27	34
NO	31	24	23	16

Realizado por: Serrano A., 2024.

Las últimas preguntas de la encuesta (Tabla 4-13.) correspondieron a la aceptabilidad del producto en conjunto con las formulaciones realizadas, para lo cual la BE01 generó baja conformidad, la BE02 resultó con una aceptabilidad media, es decir que más del 50% de panelistas sí implementarían esta formulación en su dieta; respecto a la BE03 el grado de aceptabilidad fue evaluado como “bueno” y sí sería implementado a la dieta regular de los panelistas y finalmente la BE04 que resultó de mejor aceptabilidad con calificación 4 “muy bueno” y también sería implementado a la dieta de los evaluadores.

4.2. Discusión

La harina de jackfruit a partir de las semillas generó las siguientes propiedades organolépticas: principalmente el olor acaramelado y ligero a chocolate, que según (Spada et al. 2017, pp. 1196-1208) se da por el estado de maduración de toda la fruta que resulta en los compuestos volátiles emanados de las semillas tostadas, dando un olor muy similar al cacao en polvo vinculado con la formación de pirazinas en la fruta; el color de la harina café claro resultó por los pequeños residuos de las cáscaras molidas y por el proceso de secado en toda la semilla, de forma que la concentración de antioxidantes al disminuir el agua produce una concentración del color inicial de las semillas. El sabor final: ligeramente dulce y de textura suave, fue afectado por los procesos a los cuales se sometió a las semillas, desde el secado para eliminar compuestos no deseados, hasta la molienda y tamizado de partículas muy finas dando una textura suave, quebradiza y fina. Las cantidades deseadas en el fondo de la torre de tamices en el tratamiento 1 y el 2 difieren por el tamaño de las mallas que se colocan dentro del molino y por el tipo de equipo, siendo el molino de discos (tratamiento 2), con una cantidad en el fondo de 199 g, más eficiente que el de cuchillas (tratamiento 1) con un resultante de 77 g.

Según el autor (Ocloo et al. 2010, pp. 903-908) el valor de pH para la harina de semillas de jackfruit da un valor de 5.78 ± 0.01 a comparación de la muestra obtenida en esta investigación con un dato de 5.6 con una diferencia de 0.18 unidades de concentración de hidrógeno, cuya variación se da por el estado de maduración de la fruta elegida al inicio de la investigación.

En referencia al primer parámetro analizado, la norma menciona que el porcentaje de humedad en las harinas de origen vegetal no debe exceder el 14.5% (porcentaje en peso) cuyo parámetro se cumple, puesto que al realizar el cálculo respectivo y corroborarlo con el valor exacto en la termobalanza se da el 13.28% de humedad propia de la harina obtenida a partir de las semillas de jackfruit.

El contenido de fibra cruda según el autor (Ocloo et al. 2010, pp. 903-908) es de 3.19 ± 0.01 para la harina de jackfruit a comparación de los datos obtenidos por el método de Soxhlet, es decir, por medio de la extracción semicontinua con un disolvente orgánico, se calculó un porcentaje en peso de 4.2%, es decir, que se obtuvo en la muestra un aproximado de 1.01% más de fibra que las muestras convencionales. La cantidad de grasa comparada en cinco cultivos de jackfruit diferentes, investigadas por (Suzihaque et al. 2022, pp. 451-455) da un promedio de 1.5%, esta cifra cambia significativamente con una diferencia de 4.17% respecto al aproximado obtenido de 5.67%, estos parámetros pueden variar por diversas condiciones naturales e incluso por el

almacenamiento de la misma, lo cual puede afectar a la conservación por el efecto de enranciamiento dado por la oxidación.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se obtuvo de forma satisfactoria la harina de semillas de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*), iniciando por la selección de la materia prima, desinfección y clasificación para poder obtener una harina con excelentes propiedades, además, se realizaron varias operaciones unitarias iniciando por el secado de las semillas, que fueron sometidas a dos tipos de tratamiento tanto a una temperatura de 62 °C con un tiempo de secado total de 10 h y a 42 °C que alcanzó el peso constante o reducción máxima de humedad en un tiempo de 16 h, posteriormente se realizó el proceso de reducción de tamaño por medio de la molienda y se tamizó de acuerdo al tamaño de poro establecido por la norma NTE INEN 517:2013, cuyo tratamiento con más producto obtenido fue aquel que pasó por el molino de discos (comparado con el molino de cuchillas), del cual se obtuvo a partir de 422 g de harina total un 47.17% de contenido en el fondo de la torre de tamices con una cantidad total de 47.17 g y finalmente fue envasado al vacío para una mejor conservación.
- Se obtuvo los análisis proximal y microbiológico de la harina en los parámetros establecidos por la norma respecto a las harinas de tipo vegetal y la de trigo tomado como referencia en algunos análisis. Con datos de humedad al 14.5%, fibra 4.2%, grasa 5.67% y cenizas de 0.028%. Así mismo, la calidad microbiológica corresponde a una harina con los parámetros adecuados para los ensayos elaborados, tanto para la cantidad de mohos y levaduras, realizado por la técnica de recuento de placas con un total de 1.6×10^3 UFC/g y en el caso de *Escherichia coli* que resultó en total ausencia. Las técnicas llevadas a cabo tanto para la elaboración de ensayos, cálculo y reporte de resultados se realizaron de la forma más rigurosa, por lo que se evidenció en cada parámetro el cumplimiento de las normas NTE INEN, razón por la que se aseguró la inocuidad y la seguridad del producto para el consumo humano.
- Se realizó un análisis factorial de tipo 2^k para aleatorizar el orden de los tratamientos, así cada formulación fue evaluada con total objetividad; para el primer tratamiento BE01 se generó una respuesta de 20 g de harina de jaca con 5 g de cacao, en la BE02 fue 5 g de harina con 5 g de cacao, para la BE03 así mismo el mínimo de 5 g de harina obtenida en el laboratorio con 20 g de cacao y la BE04 que se proporcionó una mayor concentración

ya que tanto la harina de las semillas como el cacao tienen cantidades de 20 g en base a 200 mL de leche, que corresponde a un vaso estándar. Los otros ingredientes como azúcar impalpable, espesante, leche en polvo y canela se mantuvieron constantes en todos los tratamientos para no afectar en el análisis organoléptico.

- Se analizó la mejor concentración de harina del jackfruit, de manera que se evaluaron los diversos parámetros sensoriales u organolépticos a través de una encuesta, los 50 panelistas seleccionados al azar e inexpertos en la cata del chocolate respondieron las preguntas elaboradas con un rango de opciones, la primera característica que se evaluó fue el sabor de cada bebida, destacando que la formulación con un aroma más agradable fue la BE04, es decir, aquella que contiene mayor porcentaje tanto de harina como de cacao en una proporción de 50-50, además la de menor agrado o evaluada como “poco agradable” fue la bebida BE01 con 100 g de harina y 25 g de cacao. De acuerdo a la textura y el efecto que tiene sobre la experiencia al momento de consumirla el tratamiento seleccionado mayor agrado fue el BE04 siendo “muy satisfactorio” de tipo “espesa”, para el aroma así mismo la bebida experimental número cuatro presentó un olor “muy intenso”. Respecto al color, los panelistas decretaron que este parámetro influye directamente en la expectativa del producto, mayormente en la BE04 con “alta influencia” al poseer un color marrón oscuro, seguido de la BE03 Y BE01 con “mediana influencia”.
- Se determinó la mejor formulación de la bebida chocolatada, mediante la comparación previamente evaluada en el análisis sensorial y con las preguntas finales de la encuesta para declarar el tratamiento con mayor aceptabilidad; decretando definitivamente a la formulación BE04 como la mejor bebida, siendo calificada como un producto “muy bueno” y con un total de 34 panelistas de 50 que implementarían dicha composición en su dieta. Tanto en los parámetros de sabor, textura, aroma, color y aceptabilidad la BE04 con cantidad de 20 g de harina de semillas de jackfruit como 20 g de cacao en polvo en una base de 200 ml de leche y los aditivos de 0.5 g espesante, 0.4 g canela, 5 g leche en polvo y 15 g azúcar fue la formulación con mayor agrado para más del 50% de panelistas participantes.

5.2. Recomendaciones

En la etapa de clasificación de las semillas, dejar la materia prima en remojo con 5 g de bicarbonato de sodio por un litro de agua para evitar la oxidación tanto en el color de la semilla como en su aroma.

Realizar la operación unitaria de secado de la forma más continua posible, puesto que, con la espera entre los tiempos de secado las semillas pueden absorber la humedad del entorno e ir modificando la curva para la velocidad de secado, además de aumentar el riesgo de contaminación y el tiempo neto de secado.

Usar el molino de bandas y repetir la molienda varias veces para obtener una mayor cantidad de harina con el tamaño de poro mínimo, teniendo cuidado al momento de la recolección ya que la trasladar se puede dar una pérdida del material.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AFOAKWA, E.** “Chocolate Science and Technology”. *Chocolate Science and Technology*. [en línea]. 2016. pp. 1-14. Disponible en: DOI 10.1002/9781118913758.fmatter.
2. **ALDAZ, A.** “DISEÑO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LAS SEMILLAS DEL FRUTO DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus Communis*)”. [en línea]. (Trabajo de titulación). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Química. Riobamba. 2018. pp. 14-17. [Consulta: 3 Diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/10533/1/96T00519.pdf>.
3. **ALTUNA, J.** “DESARROLLO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus camansi*) Y DETERMINACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON HARINA DE SOYA (*Glycine max L*) PARA USO HUMANO”. [en línea]. (Trabajo de titulación). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Carrera de Ingeniería Industrial. 2011. pp. 8-10. [Consulta: 3 Diciembre 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2745/1/CD-3407.pdf>.
4. **ANACLETO, F., OLGA, N. y MONTENEGRO, M.** “CALIDAD SANITARIA DE ALIMENTOS DISPONIBLES AL PÚBLICO DE CIUDAD OBREGÓN, SONORA, MÉXICO”. [en línea]. Disponible en: <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/149/131>.
5. **BALIGA, M.** “Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit)”. *Food Research International*. Vol. 44, no. 7. [en línea]. pp. 1800–1811. Disponible en: DOI 10.1016/j.foodres.2011.02.035.
6. **BARRAGÁN, J.** “Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao *Theobroma cacao* cultivados en la zona de Quevedo provincia de Los Ríos”. [en línea]. 2000. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4073>.
7. **BARRERA, V., TAPIA, C. y MONTEROS A.** “Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en Ecuador”. [en línea]. 2003. pp. 94-99. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=wu-b2_m8WVYC&pg=PA94&dq= analisis+proximal+de+alimentos&hl=es-

419&sa=X&ved=2ahUKEwjoutSV1PLvAhXxmuAKHVdxBuQQ6AEwA3oECAEQAg#v=onepage&q&f=false.

8. **BONILLA, N.** “Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura, y equipamiento”. [en línea]. 2014. pp. 42-49. Disponible en: https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf.
9. **CALLE, E.** “CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE MAÍZ Y HARINA DE TRIGO EN LA FÁBRICA DELICIAS MEXICANAS “DELMEX’S” DE LA CIUDAD DE CUENCA”. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Bioquímica y Farmacia. 2016. pp. 19-41. [Consulta: 3 Diciembre 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/35539291-Universidad-de-cuenca-facultad-de-ciencias-quimicas-carrera-de-bioquimica-y-farmacia.html>.
10. **CAMPOS, G. y COVARRUBIAS, L.** “La Observación, Un Método Para El Estudio De La Realidad”. *Xihmai*. Vol. 7, no. 13. 2013. pp. 45–60. Disponible en: DOI 10.37646/xihmai.v7i13.202.
11. **CORREA, E.** “MODELOS DE SECADO Y TOLERANCIA A LA DESECACIÓN DE SEMILLAS DE *Tectona grandis* L.f. y *Gmelina arborea* Roxb. DRYING MODELS AND DESICCATION TOLERANCE OF *Tectona grandis* L.f. AND *Gmelina arborea* Roxb. SEEDS”. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*. 2013. pp. 21-23.
12. **CRAIG, E.** 2006. “Species profiles for Pacific Island agroforestry”. *AGROFORESTRY*. 2006. pp. 816.
13. El sabor dulce aún es el preferido en Ecuador. *REVISTA LÍDERES* [en línea]. 2013. [Consulta: 19 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/sabor-dulce-preferido-ecuador.html#:~:text=El%20consumo%20anual%20per%20c%C3%A1pita,seg%C3%BA%20analistas%20y%20productores%20consultados>.
14. **FITO, M.** “Introducción al secado de alimentos por aire caliente”. *Editorial de la UPV*. [en línea]. 2001. pp. 11-31. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true.

15. **GARCÍA, M. y SEGOVIA, F.** “Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl Valoración con un ácido fuerte”. [en línea]. pp. 3-6. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%3b3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. **GONZÁLEZ, V., RODEIRO, C., SANMARTÍN, C. y VILA, S.** *INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS SENSORIA*. [en línea]. 2014. pp. 3-6. Disponible en: <https://iestpcbana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/INTRODUCCION-AL-ANALISIS-SENSORIAL.pdf>
17. **GRAZIANI DE FARIÑAS.** “Calidad del cacao”. *Revista de la Facultad de Agronomía*. [en línea]. 2006. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000100005.
18. **GRIGNA, P.** “Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales en Venezuela I la yaca”. [en línea]. 2010, Caracas. [Consulta: 19 Julio 2023]. ISSN 0378-7818. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000300003.
19. **INEN.** *HARINAS DE ORIGEN VEGETAL REQUISITOS*. 2006. pp. 2-5.
20. **HAYES, M.** “Measuring protein content in food: An overview of methods”. *Foods*. [en línea]. 2020. pp. 1-4. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344406286_Measuring_Protein_Content_in_Food_An_Overview_of_Methods.
21. **HÉCTOR, M. y FERNÁNDEZ, Z.** “Análisis Químico de los Alimentos. Métodos Clásicos”. [en línea]. 2004. pp. 178-180. Disponible en: <https://juliocruz82.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/analisis-quimico-de-los-alimentos-mc3a9todos-clc3a1sicos.pdf>.
22. **HURTADO, G.** “Estandarización y establecimiento de condiciones óptimas del proceso de deshidratación por aire caliente del fruto árbol de pan (*Artocarpus altilis*) a condiciones de Bogotá” [en línea]. 2007. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=ing_alimentos

23. **IRIARTE, M.** “Interpretación de resultados de análisis microbiológicos en alimentos: Planes de atributos”. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*. [en línea], 2006, Venezuela. ISSN 0798-0477. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772006000200006.
24. **KAUR, B., FAZILAH, A. y KARIM, A.** “Alcoholic-alkaline treatment of sago starch and its effect on physicochemical properties”. *Food and Bioproducts Processing*. [en línea]. 2011. pp. 463-471. Disponible en: DOI 10.1016/j.fbp.2010.09.003.
25. **KHAN, A.** “A Review on Importance of *Artocarpus heterophyllus* L. (Jackfruit)”. *Pandawa Institute. Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science 1*. [en línea]. 2021. pp. 108-112. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/353581230_A_Review_on_Importance_of_Artocarpus_heterophyllus_L_Jackfruit.
26. **LOUBES, M.** “Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten”. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Industrias. 2015. pp. 31-136. Disponible en: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5660_Loubes.pdf.
27. **MÁRQUEZ, B.** “CENIZAS Y GRASAS”. [en línea]. 2017. pp. 3-8. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content> [accessed 27 December 2023].
28. **MEDINA, V.** “ANÁLISIS CRÍTICO DEL DISEÑO FACTORIAL 2 k SOBRE CASOS APLICADOS”. [en línea]. 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.22517/23447214.523>
29. **MUKPRASIRT, A. y SAJJAANANTAKU, K.** “Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches”. *International Journal of Food Science and Technology*. [en línea]. 2004. pp. 271-276. Disponible en: DOI 10.1111/j.1365-2621.2004.00781.x.
30. **NAVARRETE, J.** “Evaluación de tiempo y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao de Ascendencia nacional, para condiciones tropicales húmedas”. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería

Agronómica. 1992. Disponible en:
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3855/1/iniaptN369e.pdf>.

31. **OCLOO, F., BANSA, D., BOATIN, R., ADOM, T. y AGBEMAVOR, W.** “Physico-chemical, functional and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) sedes”. *Agriculture and Biology Journal of North America*. [en línea]. 2010. pp. 903-908. Disponible en: DOI 10.5251/abjna.2010.1.5.903.908.
32. **POLO, I.** “Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de seis variedades de leguminosas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya”. [en línea]. 2012. pp. 108-111. Disponible en:
https://www.academia.edu/36849121/DETERMINACION_PROXIMAL_DE_LOS_PRINCIPALES_COMPONENTES_DE_SEIS_LEGUMINOSAS.
33. **PRAKASH, O., KUMAR, R., MISHRA, A. y GUPTA, R.** “Artocarpus heterophyllus (Jackfruit): An Overview”. *Department of Pharmacognosy*. [en línea]. 2009. pp. 353-358. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/279761143_Artocarpus_heterophyllus_Jackfruit_An_overview.
34. **RIVEROS, J.** “SECADOR CONVECTIVO EN LECHO FIJO Y FLUIDIZADO PARA MATERIALES GRANULADOS”. [en línea]. 2007. pp. 12-19. Disponible en:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/2f28989f-cc9d-4e87-ae21-7831f7728da6/content>.
35. **SATÁN, S.** “Diagnóstico de *Escherichia coli* como indicador de calidad sanitaria del agua y alimentos”. [en línea]. 2021. pp. 4-14. Disponible en:
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8891/1/7.-Sat%20c3%a1n%20de%20Secaira%20S%20%282022%29Diagn%20c3%b3stico%20de%20Escherichia%20coli%20como%20indicador%20de%20calidad%20sanitaria%20del%20agua%20y%20alimentos.%28Tesis%20de%20pregrado%29Universidad%20Nacional%20de%20Chimborazo%20Riobamba%20Ecuador.pdf>.
36. **SOTELO, A.** “Medición de fibra dietética y almidón resistente: reto para alumnos del Laboratorio de Desarrollo Experimental de Alimentos (LabDEA)”. *SciELO Analytics*. [en línea]. 2007. ISSN 0187-893X. Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000100007

37. **SPADA, F., ZERBETO, L., CABREIRA, G., ROEL, E., PARKER, J. y CANNIATHI, S.** “Optimization of Postharvest Conditions to Produce Chocolate Aroma from Jackfruit Seeds”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [en línea]. 2017. pp. 1196-1208. Disponible en: DOI 10.1021/acs.jafc.6b04836.
38. **SUZIHAQUE, M.** “Jackfruit seed as an alternative replacement for starch flour”. *Materials Today: Proceedings*. [en línea]. 2022. pp. 451-455. Disponible en: DOI 10.1016/j.matpr.2022.04.117.
39. **VITERI, F. y GATO, S.** “Servicio de Acreditación Ecuatoriano”. [en línea]. 2016. pp. 1-4. Disponible en: https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/10/OSP-UCE-v2-aa_m-o_26julio2016.pdf.
40. **WAGHMARE, R.** “Jackfruit seed: An accompaniment to functional foods”. *Brazilian Journal of Food Technology*. [en línea]. 2019. pp. 1-1. Disponible en: Vol. 22. DOI 10.1590/1981-6723.20718.
41. **WALLACE, R. y BALASUBRAMANIAN, S.** “The nutritive value of Indian foods and the planning of satisfactory diets”. *Seventh. Indian*. 1966. Balasubramanian.
42. **WONG, K. y WONG, L.** “Volatile Flavour Constituents of Chempedak (*Artocarpus polyphema Pers.*) Fruit and Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) from Malaysia”. [en línea]. 1992. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ffj.2730070604>.
43. **ZHANG, Y.** “Jackfruit starch: Composition, structure, functional properties, modifications and applications”. *Trends in Food Science and Technology*. [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224420306646>.



ANEXOS

ANEXO A: DISEÑO FACTORIAL COMPLETO

📄 HOJA DE TRABAJO 1

Diseño factorial completo

Resumen del diseño

Factores: 2 Diseño de la base: 2; 4
Corridas: 4 Réplicas: 1
Bloques: 1 Puntos centrales (total): 0

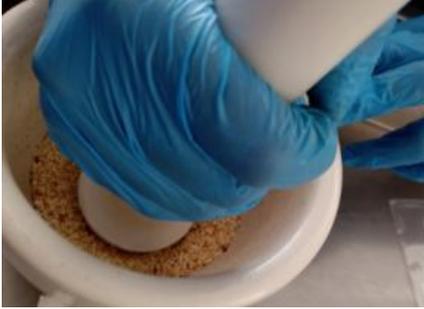
Todos los términos están libres de estructuras alias.

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	HARINA DE JACA	POLVO DE CACAO	
1	2	1	1	1	20	5	
2	1	2	1	1	5	5	
3	3	3	1	1	5	20	
4	4	4	1	1	20	20	
5							
6							
7							
8							

ANEXO B: PROCESAMIENTO PREVIO Y SECADO DE SEMILLAS DE JACKFRUIT

	
<p>Selección de la fruta</p>	<p>Desinfección y despulpado</p>
	
<p>Lavado y desinfectado de las semillas</p>	<p>Selección de semillas</p>
	
<p>Secado homogéneo de las semillas</p>	<p>Pesado de las muestras</p>

ANEXO C: PROCESO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

	
<p>Reducción previa con molino manual</p>	<p>Uso del molino de cuchillas</p>
	 
<p>Reducción de tamaño con molino de discos</p>	<p>Reducción manual con procesadora, mortero y pistilo</p>



Orden de la torre de tamices



Resultado después del tamizado



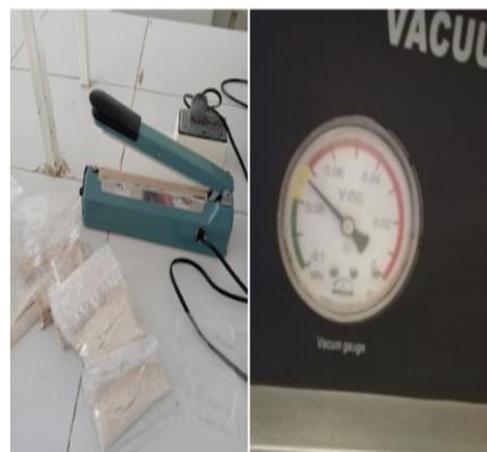
Pesado del resultante en malla más gruesa



Pesos de los tamices intermedios



Pesos del tamiz más delgado y del fondo



Envasado al vacío y sellado

ANEXO D: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE PH



Selección de la muestra



Calibración del equipo

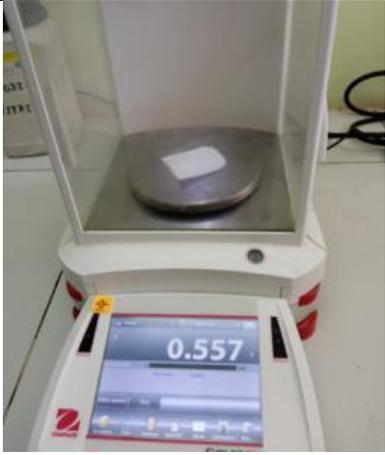


Agitación de la muestra



Lectura del potenciómetro

ANEXO E: ANÁLISIS PROXIMAL

ENSAYO DE HUMEDAD	
	
Selección y peso de la muestra	Resultado en la termobalanza
ENSAYO DE FIBRAS	
	
Peso y calibración de las bolsas	Procesamiento en el extractor de fibra
	
Enfriamiento de bolsas con muestras en el desecador	Pesado final después de la incineración

ENSAYO DE GRASA



Peso de la muestra y del dedal de vidrio



Extracción de la grasa y pesado final

ENSAYO DE CENIZAS



Incineración en la mufla



Enfriamiento de muestras en el desecador



Tarado de las muestras



Pesado final después de la incineración

ANEXO F: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



RESULTADOS DE ANÁLISIS

Fecha: 02 de enero del 2024
Análisis solicitado por: Srta. Angie Serrano
Tipo de muestras: Harina de Jaca
Localidad: Riobamba

Item	Parámetros	Und	Método de análisis	Valores de referencia	Resultados
1	Mohos Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	1.0×10^4	1.6×10^3
2	Escherichia coli	UFC/g	INEN 1529-8	< 10	< 10

Valores de referencia: Norma NTE INEN 616: 2015

Atentamente

Dra. Gina Álvarez Reyes
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio 📍
Riobamba - Ecuador

ANEXO G: ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

ANÁLISIS SENSORIAL

ENCUESTA DE BEBIDAS EXPERIMENTALES
RESPONDA SEGÚN SU OPINIÓN
GRACIAS :)

* Indica que la pregunta es obligatoria

SABOR

1. ¿Qué tan agradable considera el **sabor** del chocolate en la bebida? *
Siendo 1 Poco Agradable y 4 Muy Agradable

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

TEXTURA

2. ¿Cómo describiría la **textura** de la bebida? *

Marca solo un óvalo por fila.

	Cremosa	Ligera	Espesa
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. ¿La **textura** contribuye positivamente a la experiencia en general? *
Siendo 1 Poco Satisfactorio y 4 Muy Satisfactorio

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

AROMA

4. ¿Qué tan **intenso** es el aroma de la bebida? *
Siendo 1 Poco Intenso y 4 Muy Intenso

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

COLOR

5. ¿El **color influye** en su expectativa sobre el producto? *

Siendo 1 Influencia Nula y 4 Alta Influencia

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PRODUCTO

6. ¿Del 1 al 5 con qué puntaje **Calificaría** este Producto? *

Siendo 1 Malo y 4 Muy Bueno

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. ¿Implementaría este Producto en su dieta? *

Marca solo un óvalo por fila.

	SÍ	NO
BE01	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE02	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE03	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BE04	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ANEXO H: ELABORACIÓN DE LA BEBIDA Y ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO POR LOS PANELISTAS



Adición de ingredientes previamente pesados



Mezclado y homogenizado



Control de la bebida final



Envasado y etiquetado de las bebidas



Repartición de las muestras



Análisis organoléptico de los panelistas



Elaboración total de la encuesta

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	¿Qué tan agradable consideras al sabor del chocolate en la bebida? Siendo 1 Poco Agradable y 4 Muy				¿Cómo describiría la textura de la bebida?				¿La textura contribuye positivamente a la experiencia en general? Siendo 1 Poco Satisfactoria y 4 Muy				¿Qué tan intensa es el aroma de la bebida? Siendo 1 Poco Intenso y 4 Muy			
2	BE01	BE02	BE03	BE04	BE01	BE02	BE03	BE04	BE01	BE02	BE03	BE04	BE01	BE02	BE03	BE04
3	4	2	3	3	Cremosa	Ligera	Ligera	Espesa	3	2	2	3	4	2	3	4
4	2	3	1	4	Espesa	Ligera	Ligera	Espesa	2	3	1	3	4	2	3	4
5	1	4	2	1	Cremosa	Ligera	Cremosa	Espesa	4	4	4	1	2	1	3	4
6	1	2	1	1	Cremosa	Ligera	Ligera	Ligera	1	1	1	1	2	1	3	4
7	1	3	2	4	Espesa	Ligera	Ligera	Cremosa	1	3	3	1	1	2	2	2
8	1	4	3	4	Ligera	Cremosa	Ligera	Ligera	4	1	4	4	1	1	4	4
9	1	4	2	3	Espesa	Ligera	Espesa	Ligera	2	4	2	3	2	4	2	1
10	2	3	2	3	Cremosa	Cremosa	Espesa	Espesa	2	2	2	1	3	2	3	4
11	1	4	4	2	Espesa	Cremosa	Espesa	Espesa	1	4	3	2	3	4	3	4
12	1	1	3	3	Cremosa	Ligera	Ligera	Ligera	2	2	3	2	2	2	4	3
13	2	4	3	1	Cremosa	Ligera	Ligera	Ligera	2	4	3	3	1	2	2	2
14	2	2	3	3	Espesa	Espesa	Ligera	Ligera	4	3	3	3	2	3	3	4
15	1	2	2	3	Espesa	Ligera	Ligera	Espesa	2	3	3	3	2	3	3	4
16	1	2	1	3	Espesa	Espesa	Espesa	Espesa	1	1	2	2	1	1	3	4
17	1	2	3	4	Cremosa	Ligera	Espesa	Espesa	2	2	4	4	2	2	4	4
18	2	2	2	2	Cremosa	Ligera	Ligera	Espesa	2	2	2	2	3	2	2	4
19	1	2	2	3	Cremosa	Espesa	Ligera	Ligera	3	3	2	2	3	2	3	3
20	1	4	3	1	Espesa	Cremosa	Ligera	Ligera	1	4	2	2	3	2	4	1
21	1	2	4	4	Espesa	Espesa	Ligera	Ligera	1	3	3	4	1	1	2	4
22	1	3	1	3	Espesa	Cremosa	Ligera	Ligera	1	3	1	1	2	2	3	1
23	1	3	1	2	Ligera	Ligera	Ligera	Ligera	1	3	1	1	2	2	3	3
24	1	3	3	4	Cremosa	Espesa	Ligera	Ligera	1	2	3	3	1	1	2	3
25	1	1	1	3	Cremosa	Cremosa	Ligera	Espesa	1	2	3	4	2	4	4	4
26	2	2	1	3	Espesa	Cremosa	Ligera	Cremosa	1	2	3	3	3	2	3	3
27	2	2	2	1	Cremosa	Ligera	Ligera	Cremosa	2	2	3	1	2	2	3	1
28	1	1	2	4	Ligera	Ligera	Cremosa	Espesa	1	2	2	3	1	4	1	3

Tabulación de datos



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 14 / 05 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Angie Estefania Serrano Solis
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
 MVZ. Guillermo Eduardo Davalos Merino Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Daniel Antonio Chuquín Vasco Asesor del Trabajo de Integración Curricular