



Escuela de Agronegocios

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronegocios

“Estudio técnico para la elaboración de la harina del fruto
del pejibaye (*Bactris Gasipaes Kunth*) y su utilización
como materia prima para los productores de Tucurrique,
Cartago.”

Presentado por:

Didier Peñaranda Solano

I Semestre, 2024

Hoja de Aprobación del Trabajo Final de Graduación

“Estudio técnico para la elaboración de la harina del fruto del pejibaye (*Bactris Gasipaes Kunth*) y su utilización como materia prima para los productores de Tucurrique, Cartago.”

Proyecto Final de Graduación defendido públicamente por Didier Peñaranda Solano ante el Tribunal Evaluador de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Agronegocios con el grado de Licenciatura.

MSc. Carolina Guadamuz Mayorga

Profesora Asesora

PhD. Carlos Robles Rojas

Profesor Consultor

PhD. Ricardo Salazar Diaz

Profesor Lector

Dedicatoria

A mis abuelos, que 3 de ellos descansan en paz y que desde el cielo me guían con su amor y sabiduría, sé que desde ahí me han acompañado y ayudaron para hacer esto realidad

A mis padres, este logro es para ustedes, quienes me enseñaron el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia. Mamá, tu ternura y tus palabras de aliento siempre me dieron fuerzas en los momentos más difíciles. Papá, tu ejemplo de trabajo duro y dedicación me ha inspirado a dar lo mejor de mí cada día. Agradezco cada sacrificio que hicieron, cada noche sin dormir preocupados por mi futuro, y cada sonrisa de orgullo. Esta culminación de mis estudios es una prueba de su amor incondicional y su apoyo constante.

A mis hermanos, por ser mi guía y por liderar este legado familiar con su ejemplo y dedicación.

A mi novia, que en todo momento me apoyó y desde que llegó a mi vida se ha convertido en mi incondicional compañera, esto también es suyo.

Gracias a todos ustedes, este sueño se ha hecho realidad.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que estuvieron en este camino, a mis primos, tíos, por su apoyo constante y sus palabras de ánimo en los momentos difíciles, sus consejos y su cariño han sido una fuente inagotable de motivación para mí.

A los profesores, Carolina, Ricardo y Carlos quienes estuvieron presentes en esta etapa final y que con su profesionalidad han desarrollado aprendizaje en mí que me llevan a culminar mi etapa universitaria, sin ustedes esto no sería posible.

A mis amigos, quienes con su compañía y camaradería hicieron de este viaje algo más llevadero, compartir risas y momentos especiales con ustedes me ha dado fuerzas para seguir adelante, en ese apartado quiero hacer mención especial a la familia Navarro Araya y su empresa de supermercados su apoyo y colaboración son de suma importancia para lograr este sueño, además hacer mención a la familia Cordero Granados por su apoyo en la elaboración del TFG

A mis compañeros de carrera, quienes formaron parte de esta etapa maravillosa y que me han enseñado durante todo el tiempo compartido.

Concluyo expresando mi más profundo agradecimiento a todos los que han sido parte de este camino, su amor y apoyo han sido la luz que ha guiado mis pasos hacia el éxito.
¡Gracias por hacer posible este logro

Resumen

La comercialización actual del fruto del pejibaye se sustenta en la venta de la fruta fresca, ya sea en mercados locales o directamente del productor al consumidor, además de pequeños productores que se dedican a elaborar derivados del pejibaye para consumo propio o para su venta, el objetivo central de esta investigación se basa en realizar un estudio técnico que aborde todos los aspectos relacionados con la elaboración de harina de pejibaye para proporcionar a los productores de la Asociación de Tucurrique de Cartago una guía técnica de la elaboración de harina de pejibaye. Se realizó la optimización del proceso controlando las variables del tratamiento térmico como tiempo y temperatura, se establece la curva de secado para la variedad en estudio, así como la inactivación de factores anti nutricionales presentes en el fruto como lo son el inhibidor de tripsina y los cristales de oxalato, seguido de la molienda, tamizado y empaçado, a la harina se le realizó un de análisis de composición proximal en la cual se determinó humedad del 6,65%, contenido de fibra cruda de 3,45%, contenido de grasa del 4,52%, porcentaje de ceniza 1,92%, proteína de 5,71% y extracto libre de nitrógeno de 77,76%; además se logró determinar la presencia de carotenoides (Beta-caroteno) y vitamina E (Gama tocoferol y beta tocoferol). En conclusión, la temperatura y tiempo de cocción, así como el secado en la elaboración de harina de pejibaye deben considerarse como puntos críticos de control para garantizar parámetros de calidad e inocuidad en el producto final. Para establecer la línea de proceso de harina de pejibaye es necesaria una inversión inicial estima en ¢ 16 924 833,46.

Palabras clave:

Pejibaye, análisis proximal, harina, agroindustria, vitamina E

Abstract

The current commercialization of pejibaye fruit is based on the sale of fresh fruit, either in local markets or directly from the producer to the consumer. Additionally, small producers are dedicated to making pejibaye derivatives for personal consumption or for sale. The central objective of this research is to conduct a technical study that addresses all aspects related to the production of pejibaye flour, providing producers from the Tucurrique Association in Cartago with a technical guide for making pejibaye flour. The process was optimized by controlling thermal treatment variables such as time and temperature. A drying curve was established for the variety under study, as well as the inactivation of antinutritional factors present in the fruit, such as trypsin inhibitors and oxalate crystals. This was followed by grinding, sieving, and packaging. The flour underwent a proximal composition analysis, determining a moisture content of 6.65%, crude fiber content of 3.45%, fat content of 4.52%, ash percentage of 1.92%, protein content of 5.71%, and nitrogen-free extract of 77.76%. Additionally, the presence of carotenoids (Beta-carotene) and vitamin E (Gamma-tocopherol and Beta-tocopherol) was determined. In conclusion, the temperature and cooking time, as well as the drying process in the production of pejibaye flour, must be considered critical control points to ensure quality and safety parameters in the final product. To establish the pejibaye flour processing line, an estimated initial investment of ₡16,924,833.46 is necessary.

Key words:

Pejibaye, proximal analysis, flour, agroindustry, vitamin E

Índice General

Hoja de Aprobación del Trabajo Final de Graduación.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Índice General.....	7
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras	13
Capítulo I. Introducción.....	16
1.1. El problema y su importancia.....	18
1.2. Antecedentes del problema.....	19
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
Capítulo II. Marco Teórico.....	21
2.1. Origen y botánica del pejibaye	21
1.1. Historia del cultivo del pejibaye.....	21
2.2. Cosecha del pejibaye	22
2.3. Indicadores del fruto del pejibaye	22
2.4. Actualidad del pejibaye en Costa Rica.....	23
2.5. Composición química del Pejibaye	23
2.5.1. La grasa en el pejibaye	26
2.5.2. La proteína en el pejibaye.....	27
2.5.3. La ceniza en el pejibaye.....	28
2.5.4. La humedad en el pejibaye	29

2.5.5.	La fibra en el pejibaye	29
2.5.6.	Los carbohidratos en el pejibaye (ELN).....	30
2.5.7.	Los carotenoides en el pejibaye.....	31
2.5.8.	El beta-caroteno en el pejibaye.....	32
2.5.9.	Capacidad de antioxidantes	32
2.5.10.	El pH en los pejibayes	32
2.5.11.	El aw en el pejibaye.....	33
2.5.12.	Vitaminas liposolubles en el pejibaye	33
2.5.13.	Vitamina E (Gamma tocoferol y Beta tocoferol)	34
2.5.14.	Factores anti nutricionales del pejibaye.....	35
2.6.	Procesamiento del fruto del pejibaye.....	36
2.7.	Harina de Pejibaye.....	36
2.7.1.	Uso e importancia de la harina de pejibaye.....	40
2.8.	Diagrama de flujo de proceso	40
2.8.1.	Elaboración de flujo de proceso	41
2.8.2.	Simbología.....	41
2.9.	Operaciones unitarias en la industria alimentaria.....	43
2.10.	Operaciones unitarias en la elaboración de harina de pejibaye	44
2.10.1.	Selección de la fruta	44
2.10.2.	Pesaje inicial.....	44
2.10.3.	Lavado y desinfección	44
2.10.4.	Cocción.....	44
2.10.5.	Descorazonado.....	44
2.10.6.	Secado.....	44
2.10.7.	Molienda.....	49
2.10.8.	Tamizaje	49
2.10.9.	Almacenamiento:.....	49

2.11.	Determinación de características fisicoquímicas.....	49
2.12.	Variables fisicoquímicas y el método para determinarlas	49
2.12.1.	Porcentaje de Humedad	49
2.12.2.	Porcentaje de Grasa	50
2.12.3.	Porcentaje de Proteína	51
2.12.4.	Porcentaje de Fibra	51
2.12.5.	Actividad del agua	52
2.12.6.	Porcentaje de Carbohidratos (ELN)	54
2.12.7.	Porcentaje de Cenizas	55
2.12.8.	Color	56
2.13.	Normas de alimentos para las harinas	57
2.13.1.	CODEX STAN 152-1985.....	58
2.13.2.	CODEX 155-1985	59
2.13.3.	Norma Técnica Colombiana de Harina de Plátano NTC 2799	60
2.14.	Diseño de la investigación.....	61
2.15.	Estudio Técnico	62
2.16.	Aspectos técnicos	63
2.17.	Proyecto de inversión	64
2.18.	Métodos de un análisis de costos de inversión	64
2.19.	Valor FOB de artículos en inversión	64
2.20.	Impuestos de nacionalización.....	65
2.21.	Requerimiento de equipo para línea de proceso de harina de pejibaye.....	65
2.21.1.	Tolvas de recepción	65
2.21.2.	Elevador de cangilones de cadena:	67
2.21.3.	Tinas industriales de lavado:	68
2.21.4.	Marmita industrial	68
2.21.5.	Deshidratador.....	70

2.21.6.	Molino de martillos	71
2.21.7.	Empacadora	71
2.22.	Características de una ficha técnica.....	73
2.23.	Variables para elaboración de una ficha técnica	73
Capítulo III.	Metodología.....	75
3.1.	Enfoque de la investigación.....	75
3.2.	Tipo de investigación	76
3.3.	Marco espacial y temporal.....	76
3.4.	Sujetos de información	77
3.5.	Fuentes de información	78
3.6.	Variables o categorías de análisis.....	79
3.7.	Herramientas.....	79
3.8.	Sistematización de objetivos	80
3.8.1.	Establecer la línea de proceso de la harina de pejibaye para la determinación de parámetros técnicos para la elaboración industrializada de harina Pejibaye	80
3.8.2.	Determinar el monto de la inversión de equipamiento para una planta de producción de harina Pejibaye.	81
3.8.3.	Evaluar las características fisicoquímicas de la harina de pejibaye para el desarrollo de una ficha técnica del producto.....	83
Capítulo IV.	Resultados y Discusión de Resultados	92
4.1.	Establecer la línea de proceso de la harina de pejibaye para la determinación de parámetros técnicos para la elaboración industrializada de harina Pejibaye	92
4.1.1.	Área de proceso	92
4.1.2.	Propuesta de diagrama de flujo de proceso	92
4.1.3.	Control de Temperatura en la etapa de cocción	97
4.2.	Determinar el monto de la inversión de equipamiento para una planta de producción de harina Pejibaye	98

4.2.1.	Producción estimada.....	98
4.2.2.	Determinación de inversión de equipo	100
4.2.3.	Determinación de insumos	104
4.2.4.	Recurso humano	104
4.3.	Evaluar las características fisicoquímicas de la harina de pejibaye para el desarrollo de una ficha técnica del producto.	105
4.3.1.	Rendimiento por etapa.....	105
4.3.2.	Humedad de la harina de pejibaye.....	108
4.3.3.	Comportamiento de la curva de secado.....	110
4.3.4.	Determinación del aw	111
4.3.5.	Determinación de proteína.....	113
4.3.6.	Determinación de fibra cruda	115
4.3.7.	Determinación de grasa	117
4.3.8.	Determinación de Ceniza.....	118
4.3.9.	Determinación de Extracto libre Nitrógeno	120
4.3.10.	Determinación de color	122
4.3.11.	Granulometría.....	123
4.3.12.	Contenido de vitaminas liposolubles.....	124
4.3.13.	Contenido de carotenoides.....	125
4.3.14.	Resumen análisis proximal.....	126
4.3.15.	Ficha Técnica de la Harina de Pejibaye.....	127
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones		128
5.1.	Conclusiones.....	128
5.2.	Recomendaciones	129
Capítulo VI. Bibliografía.....		130
Capítulo VII. Apéndices y Anexos.....		145
7.1.	Apéndices	145

7.2. Anexos	150
-------------------	-----

Índice de Tablas

Tabla 1 Estructura de componentes para el fruto del pejibaye	25
Tabla 2 Contenido de ácidos grasos en la harina de pejibaye, pulpa y semilla	26
Tabla 3 Simbología de diagrama de proceso	42
Tabla 4 Características del deshidratador de aire caliente	70
Tabla 5 Control de temperatura de cocción	97
Tabla 6 Producción estimada de pejibaye en Tucurrique	98
Tabla 7 Estimación de producción de pejibaye en zonas de Costa Rica	99
Tabla 8 Materia prima estimada para elaboración de harina	99
Tabla 9 Características del equipo utilizado en la línea de proceso	100
Tabla 10 Cotización de equipos necesarios para línea de proceso	103
Tabla 11 Monto total de inversión inicial de equipo	103
Tabla 12 Recurso humano necesario para la elaboración de harina de pejibaye	104
Tabla 13 Rendimiento por etapa de la elaboración de la harina de pejibaye	105
Tabla 14 Rendimiento general del proceso	107
Tabla 15 Determinación de humedad de la harina de pejibaye	109
Tabla 16 Valores de aw para los 3 lotes de harina de pejibaye	112
Tabla 17 Porcentaje de proteína en la harina de pejibaye	113
Tabla 18 Porcentaje de fibra en la harina de pejibaye	115
Tabla 19 Porcentaje de grasa en la harina de pejibaye	117
Tabla 20 Porcentaje de ceniza en la harina de pejibaye	119
Tabla 21 Porcentaje de Extracto Libre de Nitrógeno	121
Tabla 22 Determinación de color de la harina de pejibaye	122
Tabla 23 Porcentaje de granulometría de harina de pejibaye	123
Tabla 24 Contenido de Vitaminas en Harina de Pejibaye	124
Tabla 25 Contenido de carotenoides	125
Tabla 26 Análisis Proximal de Harina de pejibaye	126
Tabla 27 Control sobre la etapa de cocción	145
Tabla 28 Control sobre rendimientos por etapa	145

Tabla 29 Control sobre etapa de secado	145
Tabla 30 Control sobre el aw.....	146
Tabla 31 Control parámetros de estufa para medir humedad para lote #1	146
Tabla 32 Datos iniciales determinación de proteína.....	146
Tabla 33 Parámetros determinación de proteína	147
Tabla 34 Control de parámetros determinación de grasa	147
Tabla 35 Control de parámetros determinación de ceniza.....	147
Tabla 36 Control parámetros determinación de carbohidratos.....	148
Tabla 37 Control parámetros tamiz para lote #1	148
Tabla 38 Control tamiz para lote #2	148
Tabla 39 Control parámetros de colorimetría.....	149

Índice de Figuras

Figura 1 Composición química del fruto del pejibaye	24
Figura 2 Composición proximal <i>en porcentaje</i> del fruto del Pejibaye.....	24
Figura 3 Contenido de Proteína presente en el pejibaye	28
Figura 4 Representación de ELN de la harina de pejibaye	31
Figura 5 Contenido de vitamina A en el pejibaye	34
Figura 6 Contenido de vitaminas en harina de pejibaye	34
Figura 7 Diagrama de proceso para la harina de pejibaye.....	37
Figura 8 Diagrama escrito para elaboración de harina de pejibaye.....	38
Figura 9 Proceso de harina de pejibaye.....	39
Figura 10 Secado por horno de estufa	45
Figura 11 Secado de bandeja o de armario.....	46
Figura 12 Secado por túnel.....	46
Figura 13 Representación de curva de secado.....	48
Figura 14 Influencia de la actividad del agua según la zona.....	54
Figura 15 Ejes de espacio de color	57
Figura 16 Factores de calidad de harinas	58
Figura 17 Factores de calidad según CXS 155-1985	59

Figura 18	Requisitos de calidad que debe cumplir la harina de plátano	60
Figura 19	Requisitos microbiológicos para la harina de plátano	60
Figura 20	Tolva de recepción	66
Figura 21	Características Técnicas de Tolvas de recepción.....	66
Figura 22	Elevador de cangilones de cadena	67
Figura 23	Tina industrial de lavado.....	68
Figura 24	Marmita industrial.....	69
Figura 25	Deshidratador de aire caliente.....	70
Figura 26	Molino de martillos.....	71
Figura 27	Empacadora de harina.....	72
Figura 28	Ubicación de Tucurrique.....	77
Figura 29	Ubicación de planta piloto Escuela de Agronegocios.....	77
Figura 30	Diagrama de área de proceso	92
Figura 31	Propuesta #1 de diagrama de proceso para elaboración de harina de pejibaye	93
Figura 32	Propuesta #2 de diagrama de proceso en la elaboración de harina de pejibaye	94
Figura 33	Rendimiento por etapa de la elaboración de harina de pejibaye.....	107
Figura 34	Humedad de la harina de pejibaye para los 3 lotes	110
Figura 35	Comportamiento de la curva de secado	110
Figura 36	Valores de aw presentes en la harina	113
Figura 37	Contenido de proteína presente en la harina de pejibaye.....	114
Figura 38	Contenido de Fibra presente en la harina de pejibaye	116
Figura 39	Contenido de grasa presente en la harina de pejibaye	118
Figura 40	Contenido de Ceniza presente en la harina de pejibaye.....	120
Figura 41	Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno presente en la harina de pejibaye	121
Figura 42	Ficha Técnica de la Harina de Pejibaye	127
Figura 43	Cotización elevador de cangilones.....	150
Figura 44	Cotización balanza grande	150
Figura 45	Cotización balanza mediana.....	151
Figura 46	Cotización de tolvas de recepción.....	151
Figura 47	Cotización de marmita	152
Figura 48	Cotización de cuchillos	152

Figura 49 Cotización del deshidratador.....	152
Figura 50 Cotización del molino	153
Figura 51 Cotización de la empacadora	153

Capítulo I. Introducción

La zona de Tucurrique se caracteriza por ser dedicada principalmente a la actividad agropecuaria (Álvarez M. A., 2020), sin embargo, el desarrollo social que ha tenido durante los últimos años es deficiente, según los datos arrojados por el índice de desarrollo social desarrollado por el MIDEPLAN, para el año 2013 el índice era de 55,2 y para el 2017 era de 57,3, un porcentaje de población económicamente inactiva del 52,9% (MIDEPLAN, 2017), además, según (MAG, s.f.) Tucurrique es el distrito de menor desarrollo relativo para el cantón de Jiménez, lo que implica un mayor rezago en el desarrollo de las dimensiones económica, de participación social, educativa, de salud y de seguridad.

En el distrito, las actividades que predominan son sistemas de producción de tipos: Frutales, café, caña, ganadería y hortalizas en forma diversificada, producción de leche a pequeña escala para autoconsumo y venta local de queso, producción de carne en sistema de pastoreo rotacional (MAG, 2018), sin embargo, dentro de las actividades agropecuarias, el cultivo del pejibaye es el actor principal de la economía del distrito, forma parte de la cultura y de la historia del pueblo siendo un distintivo por el cual se le conoce a nivel nacional desde sus orígenes, por diferenciarse con un sabor más agradable al paladar, que el producido en otras zonas. (La Nación, 2022)

El pejibaye en Tucurrique, gracias a sus condiciones climáticas favorables, se ha convertido en el enclave perfecto para el cultivo, lo que ha añadido un valor distintivo al fruto en términos de textura y sabor, en la actualidad, se cultivan alrededor de 210 hectáreas de pejibaye en la región. Además, en las áreas de Limón y la zona sur, más de 1,500 hectáreas son cultivadas por productores de Tucurrique. Estos agricultores han llevado consigo semillas autóctonas de Tucurrique y han adquirido tierras en estas regiones para expandir la producción de pejibaye, aprovechando la calidad del fruto original de Tucurrique como base para su éxito. Esto destaca el potencial de la región y su contribución al crecimiento y la calidad de la industria del pejibaye en Costa Rica. (Álvarez M. A., 2020)

Ahora bien, la transformación del fruto del pejibaye resulta interesante desarrollar y perfeccionar nuevas operaciones para la transformación de la materia prima del pejibaye, con el propósito de incrementar su valor agregado y prolongar su vida útil, entre las opciones tecnológicas que han sido objeto de una investigación se encuentra la elaboración de harina a partir del fruto. La deshidratación se presenta como una de las

alternativas para prevenir la rápida degradación, ya que reduce la humedad del fruto, lo que a su vez inhibe el desarrollo de hongos y bacterias causantes de su deterioro. Además, este proceso confiere versatilidad al producto final y conserva los nutrientes presentes en el fruto en su estado original; estas estrategias tecnológicas no solo pueden elevar el valor comercial del pejibaye, sino que también representan una forma sostenible de aprovechar al máximo este recurso y su potencial nutricional. (Gómez, 2010)

La harina de pejibaye es una valiosa fuente de nutrición, rica en betacarotenos, minerales y aminoácidos esenciales, pero su potencial no se ha aprovechado completamente debido a la falta de información sobre sus propiedades fisicoquímicas. Los productores han comenzado a elaborar harina de pejibaye a partir de la pulpa cocida para optimizar su uso en las plantaciones, lo que podría evitar el desperdicio de este recurso con alto valor nutricional y un gran potencial tecnológico y comercial (Oliveira, 2006). Un estudio técnico es una fase esencial en la planificación de nuevos productos o procesos, ya que implica analizar en detalle y descomponer el concepto en sus componentes básicos de ingeniería, considerando no solo las características técnicas, sino también las interacciones entre ellos (Navarro, 2018).

Este proyecto tiene como objetivo principal la realización de un estudio técnico destinado a la producción de harina de pejibaye con el propósito de beneficiar a los productores de la zona de Tucurrique. El estudio tiene dos enfoques clave: primero, se busca proporcionar a los productores una base sólida de conocimiento y técnicas para la elaboración de harina de pejibaye de alta calidad. Segundo, se pretende fomentar la utilización de esta materia prima en la elaboración de diversos productos derivados, lo que contribuirá al desarrollo sostenible de la industria de alimentos en la región.

La harina de pejibaye, al ser producida de manera eficiente y sostenible, representa una oportunidad valiosa para los agricultores de Tucurrique. Esto se logrará mediante la optimización de los procesos de producción, reduciendo el desperdicio de materia prima y aprovechando de manera eficiente los recursos energéticos disponibles. Además, al promover la diversificación de la cadena productiva del pejibaye, se aumentará la versatilidad de este recurso, lo que resultará en una mayor estabilidad económica para los agricultores y en el desarrollo sostenible de la industria alimentaria en la región.

1.1.El problema y su importancia

El pejibaye es una fruta originaria de América Central y se ha utilizado tradicionalmente en la alimentación de diversas culturas de la región (Arce, 2021) en la actualidad, la comercialización del pejibaye se basa principalmente en la venta de la fruta fresca, ya sea en mercados locales o directamente del productor al consumidor, y a una pequeña escala productores que se encargan de elaborar derivados para el consumo o venta de estos (Álvarez M. A., 2020)

Para el pueblo de Tucurrique el fruto del pejibaye representa una parte fundamental de su identidad cultural y económica incluso se le conoce como la "Capital del Pejibaye" debido a la calidad de esta fruta en la zona. El pejibaye es considerado un símbolo de la comunidad y se celebra anualmente la Fiesta Nacional del Pejibaye en Tucurrique, donde se exaltan las tradiciones y el valor cultural de este fruto. Durante esta festividad, se realizan desfiles, actividades folclóricas, concursos de gastronomía y se promueve el consumo y la comercialización del pejibaye y sus derivados. (Araya J. F., 2012)

El problema central que motiva esta investigación es la carencia de información técnica en relación con los aspectos operativos que influyen en la producción de harina de pejibaye, esta falta de información se relaciona directamente con el hecho de que el pejibaye, como fruta, presenta factores anti nutricionales que impactan negativamente en su digestibilidad y procesamiento. A pesar de los intentos previos de mejorar la harina de pejibaye y prolongar su vida útil, diversos obstáculos como la falta de conocimiento, el desinterés, conflictos de intereses y divisiones en la comunidad han dificultado su éxito. Por lo tanto, se plantea la necesidad de realizar un estudio técnico que aborde aspectos relacionados con la elaboración de harina de pejibaye, con el objetivo de proporcionar a los agricultores una guía para diversificar su oferta de productos. Según (PROCOMER, 2017), el pejibaye se considera uno de los productos con mayor potencial de expansión y comercialización en el país.

La elaboración de harina de pejibaye se presenta como una oportunidad para la optimización de productos derivados del mismo y que sea una fuente económica significativa para los agricultores de Tucurrique y las áreas vecinas, la cosecha y venta de pejibayes no solo representan ingresos para los agricultores, sino que también tienen un impacto positivo en la economía local al generar empleo y estimular la actividad económica durante la temporada de cosecha, que normalmente se extiende desde abril hasta octubre; es por esto que la producción de harina de pejibaye se convierte en una

estrategia clave para aprovechar de manera efectiva el potencial del pejibaye y contribuir al desarrollo socioeconómico de la comunidad, ofreciendo una fuente de ingresos más estable y sostenible que puede extenderse más allá de la temporada de cosecha y diversificar la oferta de productos agrícolas locales. Por otra parte, el desempleo es una problemática que envuelve al distrito por que se fomenta el empleo con dicha actividad.

1.2. Antecedentes del problema

Tucurrique, una de las localidades más antiguas de Costa Rica, situada en la provincia de Cartago y parte del cantón de Jiménez, ha tenido una rica historia que incluye su importancia como centro indígena; en este contexto, el cacique mayor de los huetares de Oriente, Fernando Correque, estableció su residencia en Tucurrique. Esta región se caracteriza por su terreno irregular, lo que crea microclimas beneficiosos para el cultivo de una variedad de productos, incluyendo el pejibaye, café, banano, tubérculos y vegetales. La altitud varía desde aproximadamente 650 metros sobre el nivel del mar en el Río Reventazón hasta 1500 metros en cerros como Cacao y la extensión territorial de Tucurrique es de 36.07 kilómetros cuadrados (Municipalidad de Tucurrique , 2023)

En relación con la elaboración de productos derivados del pejibaye, se han realizado investigaciones previas que arrojan luz sobre su potencial. Por ejemplo, (Álvarez M. A., 2020) en su proyecto menciona la importancia de la harina de pejibaye como materia prima clave para la industrialización y comercialización en la región, estas investigaciones apuntan hacia un futuro prometedor para el aprovechamiento de este versátil fruto, que no solo enriquece la oferta de alimentos, sino que también abre oportunidades económicas significativas para las comunidades locales. La harina de pejibaye, con sus propiedades únicas y versatilidad culinaria, es un recurso valioso que podría transformar la economía regional y contribuir al desarrollo sostenible de la zona.

Además, (Gómez, 2010) realizó una investigación donde destaca que el desarrollo de productos elaborados a partir de la harina de pejibaye que aún no se ha explorado completamente. Estos antecedentes resaltan la relevancia de investigaciones adicionales para aprovechar al máximo el potencial del pejibaye y sus derivados en Tucurrique, otro aspecto importante es la necesidad de emprender investigaciones adicionales en esta área para expandir todo el potencial que el pejibaye y sus derivados poseen en el contexto de Tucurrique, y es que, a pesar de los avances existentes, hay un vasto territorio inexplorado en términos de innovación y creación de productos basados en este recurso local y se abre una ventana de oportunidad para fomentar la investigación y el desarrollo, lo que podría

no solo beneficiar la economía local, sino también promover la conservación y la promoción de este fruto emblemático de la región, además, las agrupaciones o fuerzas vivas de Tucurrique viven experiencias que promueven el beneficio económico por medio de este fruto, sin embargo, la desunión de estas mismas agrupaciones, provoca que se separen intereses que deben de ser comunes con respecto a la finalidad que es el beneficio del pueblo como tal.

Dentro del distrito de Tucurrique, se han implementado proyectos que buscan proporcionar beneficios concretos a los productores de pejibaye, uno de estos proyectos consiste en la creación de un invernadero con el propósito de mejorar genéticamente los árboles de pejibaye, este es un paso importante hacia la optimización de la materia prima utilizada en la elaboración de harina de pejibaye, ya que la calidad de los frutos es esencial para obtener un producto de alta calidad., además, se ha contemplado la reubicación de una planta procesadora en un plazo a mediano plazo, donde una finalidad es incursionar en la elaboración de harina de pejibaye, esta iniciativa busca aprovechar de manera más eficiente la producción de pejibaye en la zona y agregar valor a la materia prima al convertirla en harina.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Realizar un estudio técnico para la elaboración de la harina de pejibaye con el fin de proporcionar una base para la utilización de esta como materia prima para beneficio de los productores de la zona de Tucurrique

1.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer la línea de proceso de la harina de pejibaye para la determinación de parámetros técnicos para la elaboración industrializada de harina Pejibaye
- Determinar el monto de la inversión de equipamiento para una planta de producción de harina Pejibaye.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la harina de pejibaye para el desarrollo de una ficha técnica del producto.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Origen y botánica del pejibaye

El pejibaye es una palma nativa de las regiones tropicales de América, desde Honduras hasta Bolivia, que muestra una gran diversidad genética, se caracteriza por su estructura de crecimiento a partir de un rizoma que da lugar a brotes robustos, su inflorescencia contiene numerosas flores masculinas y flores femeninas que requieren polinización cruzada debido a su sistema de autoincompatibilidad genética, además, su sistema radical es fibroso y no se regenera fácilmente cuando se daña, lo que destaca la importancia de su cuidado y manejo sostenible. (Arias, 2017). La formación de la fruta se agrupa en racimos, y las semillas se encuentran en pequeños "coquitos". Estos aspectos particulares del pejibaye, desde su genética hasta su modo de reproducción y estructura de crecimiento, contribuyen a su singularidad y destacan su importancia en la biodiversidad tropical. (Ugalde, 2008)

El pejibaye, una palma arborescente que puede alcanzar alturas de hasta 20 metros, se destaca por su tronco cubierto de espinas, una característica distintiva de las palmas del género *Bactris*, sus hojas pinnadas, que pueden alcanzar hasta 3 metros, añaden un elemento a su apariencia, sin embargo, lo que hace que esta planta sea especialmente valiosa es su fruto, una drupa con una pulpa comestible que rodea una semilla, su tronco, con una madera dura en el exterior, se utiliza en la construcción de diversas estructuras y utensilios, desde instrumentos musicales hasta herramientas de caza o pesca, así como artesanías. (UCR, 2019)

1.1. Historia del cultivo del pejibaye

El pejibaye, también conocido como chontaduro, pupunha o pijuayo según el país, es el resultado de un proceso de hibridación, selección natural y domesticación que involucró diversas especies silvestres de palmas nativas en el trópico húmedo americano durante la época precolombina; fue un cultivo fundamental para varias tribus en Centro y Suramérica. Los frutos del pejibaye se producen en racimos de hasta 100 unidades y varían en color, tamaño y peso. (Gómez, 2010)

Este fruto desempeñó un papel esencial en la dieta de las sociedades indígenas en el Área Cultural Intermedia de Centroamérica, fue cultivado mediante prácticas agrícolas tradicionales, como la técnica de la roza, tumba y quema, y se integró en sistemas policulturales con otros cultivos como la yuca, el maíz y el tiquisque. (Chavarria, s.f.)

2.2.Cosecha del pejibaye

El promedio de la cosecha del pejibaye inicia en agosto o septiembre y se extiende de 3 a 4 meses, sin embargo, en zonas como el sur y el caribe se producen dos cosechas al año; el proceso de la cosecha del pejibaye es una actividad difícil debido a las características del árbol como tal, además las herramientas que se utilizan son de difícil manejo como por ejemplo una caña que se ajusta a lo largo del árbol y que en su parte superior lleva sujeto un “garabato” que facilita el corte del racimo, en otra posición se encuentra el sorteador que sujeta un saco de gran volumen para apañar el racimo. (Barquero, 2005)

2.3.Indicadores del fruto del pejibaye

En la actualidad, el pejibaye es de mucha importancia en nuestra región, lo que facilita su promoción y la explotación de su valor nutricional, este fruto es rico en una variedad de nutrientes esenciales, incluyendo grasas saludables, almidones, minerales esenciales, fibras de origen vegetal y carotenoides y se destaca como una fuente significativa de nutrientes como niacina, riboflavina, tiamina, hierro y retinol. (Serrano, 2011)

Desde que se establecieron las principales poblaciones indígenas en el pueblo hasta la actualidad el pueblo de Tucurrique se ha caracterizado por basar una actividad de ingreso económico en la producción agrícola y dentro de sus productos se encuentran, tubérculos, cítricos, productos tradicionales (café, caña de azúcar, banano), pero el producto principal y que de paso forma parte de una cultura y que ha caracterizado la zona ha sido la producción de la fruta del pejibaye. (Álvarez M. A., 2020), se distingue el pejibaye según (García J. , 2009) en una entrevista realizada al señor Jorge Mora Urpí donde menciona que “Es la planta criolla de mayor potencial económico del país, lo creí entonces y aún lo sigo considerando así. Va a ser un cultivo de gran interés a nivel mundial para el combate del hambre, porque es sumamente eficiente en cuanto a producción, crece en clima tropical húmedo, se desarrolla bien prácticamente casi bajo cualquier condición de suelo.

Después de 1992, se dio un cambio significativo en la comunidad de Tucurrique, impulsado por el fortalecimiento del desarrollo agroindustrial en la región, uno de los eventos más emblemáticos que surgió como resultado de esta evolución fue la Feria Nacional del Pejibaye. Esta feria se convirtió en un escaparate para la diversificación en el uso del pejibaye, marcando un hito en la promoción y expansión de este producto; la Feria no solo se limitó a la presentación de la fruta en su forma tradicional, sino que se convirtió en una plataforma para exhibir una amplia variedad de recetas y productos agroindustriales derivados del pejibaye, esta diversificación en el uso del pejibaye no solo

representó un avance en términos de la oferta de productos, sino que también impulsó la creatividad culinaria y la exploración de nuevos horizontes en la industria alimentaria local. (Arce, 2021)

2.4. Actualidad del pejibaye en Costa Rica

En el ámbito nacional, Tucurrique se destaca como un importante centro de cultivo de pejibaye, con extensas plantaciones de este fruto que abastecen diversos segmentos del mercado, satisfaciendo los variados gustos de los consumidores, además de Tucurrique, en Costa Rica existen otras regiones aptas para el cultivo de pejibaye, seleccionadas por su entorno natural de bosque tropical húmedo, que coincide con el hábitat natural de esta especie, estas áreas incluyen Bataan y Siquirres en Limón, San Isidro de El General en San José, El Tanque y Altamira en Alajuela, y La Virgen y Horquetas en Heredia. (UCR, 2023)

2.5. Composición química del Pejibaye

El fruto del pejibaye se compone de tres partes distintas: primero, una capa exterior de color rojo, anaranjado o amarillo llamada epicarpio; segundo, un centro formado por una mezcla de almidón y aceite llamado mesocarpio; y tercero, una única capa interna que contiene una combinación de fibra y aceite, conocida como endocarpio. La semilla, o endocarpio, constituye aproximadamente el 10,59% del fruto total y tiene una apariencia similar a la de un pequeño coco; la mayor parte del fruto, alrededor del 84,0%, está compuesta por la pulpa o mesocarpio, que rodea la semilla, la cáscara exterior, o epicarpio, que puede ser retirada o permanecer intacta, representa en promedio el 5,6% del peso total del fruto. (Campos P. A., 2013)

La composición química del pejibaye se establece mediante estudios realizados donde se ha determinado que posee una fuente importante de vitamina A, en menor cantidad vitamina C, niacina, tiamina, y riboflavina, lípidos insaturados, porcentaje alto de fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, en la siguiente figura se muestra según (Gómez, 2010) la composición del fruto del pejibaye.

Figura 1

Composición química del fruto del pejibaye

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	53.1 – 61.3
Agua	36.4 – 60.9 g
Carbohidratos	35.7 – 39.4 g
Grasas	3.10 – 8.17 g
Proteínas	0.34 – 0.63 g
Fibra	0.8 – 1.4 g
Cenizas	0.72 – 1.64 g
Calcio	8.9 – 40.4 mg
Fosforo	33.5 – 55.2 mg
Hierro	0.85 – 2.25 mg
Vitamina A	7300 U.I.
Tiamina	0.037 – 0.070 mg
Riboflavina	0.099 – 0.054 mg
Niacina	0.667 – 1.945 mg
Ácido ascórbico	14.8 – 41.4 mg

Nota. Adaptado de Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) por parte de la Asociación de Productores de Frutas de la Región Brunca (Asofrubrunca). [Figura], por (Romero, 2014), (<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18103/Estudio%20de%20factibilidad%20para%20la%20instalaci%3%b3n%20de%20una%20planta%20procesadora%20de%20harina%20de%20pejibaye%20ASOFRUBRUNCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Por otra parte, (Oquendo, 2012) en su estudio menciona la composición proximal de la pulpa del fruto del pejibaye según la variedad de color y características físicas tal y como se visualiza en la siguiente figura

Figura 2

Composición proximal en porcentaje del fruto del Pejibaye

Descripción	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	Extracto libre de nitrógeno
Variedad roja entera	55.6	4.3	11.9	3.2	2.2	78.5
Variedad amarilla entera	61	6.3	14.8	5.9	2.5	70.3
Pulpa variedad roja	56.1	5.5	10	1.2	2.1	81.2
Pulpa variedad amarilla	63.1	6.4	17.9	1.3	2.8	71.5
Coquito variedad roja	46.8	5.8	14.5	17.4	2.4	59.9
Coquito variedad amarilla	46.3	7.12	14.3	20.1	2.4	56
Mezcla variedad amarilla incluyendo raquillas	66.1	6.3	8.9	7.6	3.2	74

Nota.

Adaptado de Experiencias con ganado estabulado utilizando pejibaye (*Bactris gasipaes*) y frutas tropicales en Costa Rica [Figura], por Oquendo (2012), (https://www.engormix.com/ganaderia/suplementacion-bovino-carne/experiencias-ganado-estabulado-utilizando_a29396/)

Además (Bonomo, 2015) explica que el fruto del pejibaye está formado básicamente por carbohidratos, almidón, lípidos, proteínas y cenizas, cabe mencionar que el pejibaye contiene niveles elevados de carotenoides, los cuales desempeñan un papel importante en el fortalecimiento del sistema inmunológico y en la reducción del riesgo de enfermedades como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y la artritis, entre otras debido a la capacidad antioxidante de los carotenoides, que se manifiesta en su capacidad para neutralizar los radicales libres y los compuestos reactivos de oxígeno en el organismo humano.

Tabla 1

Estructura de componentes para el fruto del pejibaye

Componente	Promedio (%)
Amilosa	12,4
Amilopectina	66,6
Lípidos	0,93
Proteína	0,53
Ceniza	0,18
Humedad	14
Actividad del agua	0,55

Nota. Adaptado de Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejibaye fruit (*Bactris gasipaes* Kunth.) [Tabla], por Bonomo (2015), (https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/20740/pdf_68)

Para el pejibaye crudo, se indica que su contenido total de fibra es del 5.9%, con un 4.1% correspondiente a fibra insoluble y un 1.8% a fibra soluble, además presenta dentro de sus componentes más destacados, se encuentran las grasas, que proporcionan una fuente esencial de energía para el organismo, los almidones, que son carbohidratos complejos que alimentan nuestras actividades diarias, y los minerales, que desempeñan un papel fundamental en una serie de procesos corporales, como el hierro que es crucial para la formación de glóbulos rojos y el transporte de oxígeno a través del cuerpo, además, las fibras de origen vegetal, las cuales son vitales para mantener una digestión saludable y prevenir una serie de trastornos relacionados con el tracto gastrointestinal. El fruto también se destaca como una fuente rica en vitaminas esenciales; el niacina, la riboflavina, la tiamina y el retinol, todas ellas pertenecientes al grupo de las vitaminas B

y A, respectivamente, son elementos cruciales para el funcionamiento celular y metabólico. (Serrano, 2011)

2.5.1. La grasa en el pejibaye

Los ácidos grasos monoinsaturados son los más abundantes en el fruto del pejibaye, representando entre el 53.6% y el 70.2% del total, principalmente debido al ácido oleico, que constituye entre el 41.0% y el 62.0%, por otro lado, los ácidos grasos saturados se encuentran en proporciones que van desde el 18.3% hasta el 46.3%, siendo el ácido palmítico el más predominante, con niveles que oscilan entre el 17.9% y el 44.8%. Los ácidos grasos poliinsaturados son los menos comunes, con valores que varían entre el 1.3% y el 14.3%, siendo el ácido linoleico la principal contribución, con porcentajes entre el 1.3% y el 12.5% (Piedra, 1995)

Tabla 2

Contenido de ácidos grasos en la harina de pejibaye, pulpa y semilla

Ácido graso	Pulpa (%)	Semilla (%)	Harina de pejibaye integro (%)
Caprílico	-	0,5	-
Caprico	-	0,6	-
Láurico	-	33,3	7,6
Mirístico	-	28,4	4,9
Palmítico	29,6	10,4	20
Esteárico	Trazas	3,1	1,4
Araquidónico	-	-	-
Total de ácidos grasos saturados	29,6	76,3	33,9
Palmitoleico	5,3		4,7
Oleico	50,3	18,2	44
Linoleico	12,5	5,1	14,3
Linolénico	1,8		2,7
Total de ácidos grasos insaturados	69,9	23,3	65,7

Nota. Adaptado de Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques [Tabla], por Ugalde. (2002), ([chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf](https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf))

Estos ácidos grasos son importantes para mantener niveles saludables de colesterol en la sangre y para reducir el riesgo de obstrucción de las arterias, lo que puede prevenir enfermedades como la aterosclerosis y los ataques cardíacos, se debe destacar que la composición lipídica del pejibaye, con una proporción adecuada de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, es especialmente valiosa debido a su estabilidad

durante la cocción, esto significa que incluso después de someterse a procesos térmicos como la cocción, el pejibaye conserva sus beneficios nutricionales, lo que lo convierte en una opción versátil y saludable para incluir en la dieta diaria. (Rojas, 2002)

2.5.2. La proteína en el pejibaye

Las proteínas son macronutrientes esenciales para el crecimiento, reparación y mantenimiento de tejidos en el cuerpo humano, dentro de estas proteínas, los aminoácidos esenciales juegan un papel importante, ya que el cuerpo no puede producirlos por sí mismo y deben ser adquiridos a través de la dieta. El perfil de aminoácidos del pejibaye es relevante, ya que contiene una amplia gama de estos componentes esenciales, por ejemplo: la leucina, isoleucina, valina (aminoácidos de cadena ramificada), lisina, metionina, fenilalanina, treonina y triptófano, entre otros; su importancia radica en su contenido de nitrógeno, el cual es necesario para la síntesis de compuestos vitales para el organismo. (Gómez, 2010)

El valor nutricional de las proteínas alimentarias está relacionado con su digestibilidad, la cual, a su vez, depende de la composición de aminoácidos presentes en ellas en el pejibaye, se han identificado siete de los ocho aminoácidos esenciales, los cuales son: lisina, fenilalanina, treonina, valina, metionina, leucina e isoleucina; sin embargo, se omite la información sobre cistina y triptófano debido a su destrucción durante la hidrólisis ácida de las proteínas, estos aminoácidos esenciales son fundamentales para el crecimiento y mantenimiento del cuerpo humano, y su presencia en el pejibaye lo convierte en un alimento de alto valor nutricional. En cuanto al contenido proteico del pejibaye, se encontró que en el fruto cocido, este aporta aproximadamente 1.7 g de proteína por cada 100 g, contribuyendo alrededor del 4% de las calorías totales del fruto. Además, se ha observado que la calidad y composición de los aminoácidos en el pejibaye son comparables a las de otros vegetales (Zumbado, 1984)

Figura 3

Contenido de Proteína presente en el pejibaye

Aminoácido	Contenido en el pejibaye (g/100g)
Arginina	0.29
Glicina	0.27
Histidina	0.09
Isoleucina	0.16
Leucina	0.28
Lisina	0.21
Metionina	0.08
Fenilalanina	0.14
Treonina	0.18
Tirosina	0.14
Valina	0.19
Proteína %	5.10

Nota. Adaptado de Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques [Figura], por Ugalde. (2002), (<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf>)

La cantidad de proteínas en una harina influye en la capacidad de retención de agua, la formación de la estructura de la masa y la capacidad de retención de gases durante el proceso de fermentación y cocción, en las harinas sin gluten, como las utilizadas en la producción de productos aptos para personas con intolerancia al gluten, el contenido proteico puede influir en la textura y la consistencia del producto final. Es importante destacar que el contenido proteico por sí solo no proporciona una evaluación completa de la calidad de la harina, otros factores, como el perfil de aminoácidos, la fuerza de la harina y la presencia de enzimas, también son importantes para determinar su idoneidad para diferentes aplicaciones culinarias. (INNOGRAIN, 2020)

2.5.3. La ceniza en el pejibaye

Los valores de ceniza según estudios anteriores son de aproximadamente $0,8 \pm 0,1$ g/100g o $0,7 \pm 0,2$ g/100g, el contenido de ceniza en el pejibaye puede atribuirse a varias razones, como las condiciones climáticas, el tipo de suelo, el grado de madurez de la fruta, entre otros factores. Es importante recordar que las cenizas están compuestas esencialmente por minerales, los cuales son componentes de los tejidos animales y vegetales que quedan en forma de ceniza después de la incineración. (Guillén, 2010)

Dentro de los minerales encontrados en el fruto del pejibaye se incluyen el calcio, potasio, sodio, magnesio, cloro, manganeso, zinc, selenio, hierro y cromo, estos minerales son fundamentales para diversos procesos biológicos y para mantener la salud humana. La variabilidad en su contenido puede tener implicaciones en la nutrición y en el valor nutricional global del pejibaye. (Campos P. A., 2013)

En general, se espera que las harinas tengan un contenido de cenizas inferior a 0,55-0,65%, aunque este valor tiende a ser ligeramente más alto en las harinas de fuerza, el aumento del contenido de cenizas en las harinas puede deberse a varios factores, incluida la inclusión de aditivos. (INNOGRAIN, 2020)

2.5.4. La humedad en el pejibaye

El pejibaye presenta el contenido de humedad que varía entre 51.2% y 64.8%, y entre 58.0% y 65.9% en pejibaye crudo y cocido, respectivamente y se registró un aumento significativo ($p < 0.05$) en el contenido de humedad debido a la cocción. Este incremento puede atribuirse a que los carbohidratos, como el almidón, la celulosa y la hemicelulosa, absorben agua durante la cocción del fruto (Piedra, 1995)

En otros estudios, se ha observado que el contenido de humedad para el pejibaye varía dentro de un rango más estrecho, específicamente entre un 55,8% y 56,7% para el desarrollo de la harina, este rango más reducido puede deberse a las condiciones específicas de procesamiento para la obtención de la harina de pejibaye, donde se busca mantener una humedad óptima para lograr la textura y características deseadas en el producto final. El contenido de humedad óptimo para la producción de harina de pejibaye puede variar según varios factores, incluyendo el tipo de proceso de secado utilizado, las condiciones ambientales durante el procesamiento y las características específicas de la fruta utilizada. (Campos P. A., 2013)

En el caso de algunas harinas alternativas, es común encontrar que su contenido de humedad es inferior al 10%, esta característica las distingue de la harina de trigo, cuyo contenido de humedad tiende a ser ligeramente más alto; debido a su menor contenido de humedad, las harinas alternativas tienen una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con la harina de trigo, llegando a absorber porcentajes de agua que oscilan entre el 100% y el 150%. La presencia de fibras en la harina aumenta aún más su capacidad de retención de agua. (INA, 2016)

2.5.5. La fibra en el pejibaye

El contenido de fibra en el pejibaye puede variar dependiendo de varios factores, como la variedad de la fruta, su grado de madurez y la parte del fruto que se esté considerando (por ejemplo, la pulpa o el epicarpio), en general, el pejibaye se considera una fuente moderada de fibra dietética; según algunos estudios, el contenido de fibra en el pejibaye puede rondar entre 2% y 4% en base al peso fresco del fruto, sin embargo, es importante

tener en cuenta que estos valores pueden variar y que se requieren más investigaciones para establecer valores específicos y precisos. (Barquero, 2005)

La fibra dietética es un componente importante de una dieta saludable y puede tener varios beneficios para la salud, como mejorar la digestión, promover la saciedad, regular los niveles de azúcar en la sangre y reducir el riesgo de enfermedades crónicas como enfermedades del corazón y la diabetes. Incorporar frutas como el pejibaye, que son naturalmente ricas en fibra, puede ser una forma efectiva de aumentar la ingesta de fibra en la dieta. (Almeida, 2014)

El valor de fibra cruda en algunas estimaciones generales sugiere que las harinas de trigo integral pueden contener alrededor de 2-4% de fibra cruda, las harinas alternativas como la harina de avena, la harina de almendra, la harina de coco, entre otras, suelen tener un contenido de fibra cruda más alto debido a la naturaleza menos procesada de estos productos. (Prió, 2024)

2.5.6. Los carbohidratos en el pejibaye (ELN)

El pejibaye es reconocido por su alto contenido de carbohidratos, que puede variar considerablemente dependiendo de la variedad analizada por diferentes autores, los carbohidratos se clasifican en tres grupos principales: azúcares (que incluyen monosacáridos, disacáridos y polioles), oligosacáridos y polisacáridos (como el almidón y los polisacáridos no amiláceos). Otra clasificación es la que los divide en carbohidratos digeribles (como los azúcares, el almidón disponible y el glucógeno) y no digeribles (como el almidón resistente, la celulosa, la hemicelulosa, la pectina y la lignina). El contenido de carbohidratos en el pejibaye varía ampliamente, oscilando entre el 34,5% y el 83,4%. Estas cifras reflejan la diversidad en la composición nutricional del pejibaye, que puede ser influenciada por factores como la variedad de la fruta, su grado de madurez y las condiciones de cultivo. (Araya N. , 2013)

Figura 4
Representación de ELN de la harina de pejibaye

Nutriente	Muestras	Máximo	Mínimo	Promedio		C.V.*	
				Base seca	Base fresca		
Materia seca	%	25	94,9	83,5	100,0	90,2	2,8
Proteína cruda	%	22	8,2	2,3	6,4	5,8	17,0
Extracto etéreo	%	15	13,2	5,5	10,2	9,2	21,3
Fibra cruda	%	11	7,4	2,2	4,4	4,0	39,0
Extracto libre de nitrógeno	%	11	86,0	71,0	76,0	69,0	5,0
Cenizas	%	12	6,4	1,2	2,5	2,2	56,0
Calcio	%	3	0,11	0,09	0,10	0,09	11,0
Fósforo	%	3	0,16	0,11	0,14	0,12	14,0
Magnesio	%	3	0,09	0,07	0,08	0,07	16,0
Cobre	mg/kg	3	9,0	7,0	8,0	7,0	13,0
Hierro	mg/kg	3	370	240	290	255	24,0
Manganeso	mg/kg	3	12,0	9,0	10,0	9,0	15,0
Zinc	mg/kg	3	25,0	12,0	20,0	18,0	36,0
Aves E.M. ¹⁰	Kcal/kg	11	4208	3426	3897	3515	7,0
Bovinos T.N.D. ²	%	11	92,0	80,0	86,0	78,0	4,0
Bovinos E.D. ²	Kcal/kg	11	4042	3516	3801	3429	4,0
Bovinos E.M. ²	Kcal/kg	11	3633	3101	3389	3057	4,0
Cerdos T.N.D. ¹	%	11	91,0	81,0	84,0	76,0	4,0
Cerdos E.D. ¹	Kcal/kg	11	4019	3576	3707	3344	4,0
Cerdos E.M. ¹	Kcal/kg	11	3803	3387	3514	3170	4,0

Nota. Adaptado de Tabla de composición de materias primas usada en alimentos para animales [Figura], por Mata. (2011), (<chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/28813/Documento%20completo?sequence=1&isAllowed=y>)

En el caso específico del pejibaye, se observa que el ELN varía entre un máximo de 86% y un mínimo de 71%, estos valores refieren que el pejibaye es una fuente rica en carbohidratos y otros componentes no proteicos. Esto es consistente con la observación de que el pejibaye tiene un alto contenido de carbohidratos, como se mencionó anteriormente, los carbohidratos son una fuente importante de energía en la dieta humana y desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de una buena salud. (Mata, 2011)

2.5.7. Los carotenoides en el pejibaye

Estos compuestos son pigmentos naturales responsables del color amarillo, naranja y rojo en muchas frutas y vegetales, los carotenoides son conocidos por sus potentes propiedades antioxidantes, en particular, se ha observado que los carotenoides tienen efectos positivos en el fortalecimiento del sistema inmunológico. (Serrano, 2011)

Los estudios han demostrado que el contenido de carotenoides en el pejibaye puede variar significativamente entre diferentes variedades, así como en función de las condiciones de crecimiento y maduración, por ejemplo, se ha observado que el contenido de carotenoides puede oscilar entre 4,8 y 29,6 mg por cada 100 gramos de peso seco del fruto. Incluso se han reportado valores extraordinarios de hasta 708 mg por cada 100 gramos en ciertas variedades, estos compuestos no se degradan fácilmente durante la cocción, lo que

significa que los beneficios para la salud que ofrecen permanecen intactos incluso después de la preparación culinaria. (Gómez, 2010)

2.5.8. El beta-caroteno en el pejibaye

Este producto de origen sudamericano, gracias a su intenso color anaranjado, es reconocido por ser una excelente fuente de Vitamina A o beta caroteno, según especialistas en nutrición. Esta sustancia es indispensable para mantener la salud de ambos, ya que desempeña un papel crucial en varios aspectos del organismo. (AR, s.f.)

El betacaroteno es un carotenoide producido por las plantas y es el más abundante entre ellos, su principal característica es su capacidad para convertirse en vitamina A en el organismo, siendo considerado como un precursor de esta vitamina, es importante señalar que cuando se consume vitamina A en forma de betacaroteno, este se almacena en el cuerpo hasta que se necesita, lo cual es beneficioso. (Lirola, 2024)

2.5.9. Capacidad de antioxidantes

La capacidad antioxidante de los carotenoides en el pejibaye es particularmente notable, estos compuestos tienen la capacidad de retardar o prevenir la oxidación de moléculas orgánicas al neutralizar la acción oxidante de moléculas inestables o radicales libres. Esto es crucial para proteger las células del cuerpo contra el daño oxidativo y reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades neurodegenerativas. (Araya N. , 2013)

Los estudios científicos han demostrado que el pejibaye es una fuente rica en antioxidantes, gracias a la presencia de compuestos como los carotenoides, flavonoides, vitamina C y otros compuestos fenólicos. Estos antioxidantes trabajan en conjunto para neutralizar los radicales libres y proteger las células contra el daño oxidativo, lo que puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas y promover la salud en general. (Ugalde, 2008)

2.5.10. El pH en los pejibayes

Los pejibayes tienen un pH de 4,5 a 5,5 en los pejibayes confirma su naturaleza ligeramente ácida y tiene implicaciones tanto para el sabor como para la conservación de la fruta, este rango de pH es consistente con lo que se esperaría en frutas maduras y frescas, y contribuye a la calidad general de los pejibayes. (Campos P. A., 2013)

El pH en las harinas es importante para garantizar la calidad, seguridad y adecuación de la harina para su uso en la preparación de alimentos, ayuda a identificar problemas

potenciales en el proceso de producción, así como a garantizar resultados consistentes y seguros en la elaboración de productos alimenticios. (UNSA, 2014)

2.5.11. El aw en el pejibaye

La actividad del agua (aw) es una medida que indica la disponibilidad de agua en un alimento y está relacionada con su estabilidad microbiológica y fisicoquímica. Cuanto más alta es la actividad del agua, mayor es la capacidad del agua para participar en reacciones químicas y favorecer el crecimiento microbiano. En el caso del pejibaye, la actividad del agua puede variar según su estado, en estado fresco, la actividad del agua del pejibaye es relativamente alta, ya que es una fruta con alto contenido de agua, sin embargo, cuando se convierte en harina, la actividad del agua disminuye significativamente debido a la eliminación del agua durante el proceso de secado y molienda; generalmente, el proceso de secado implica la eliminación del agua hasta alcanzar un contenido de humedad específico, lo que reduce la actividad del agua. (Rojas, 2002)

2.5.12. Vitaminas liposolubles en el pejibaye

Las vitaminas liposolubles son un grupo de nutrientes esenciales que se caracterizan por disolverse en grasas y lípidos, estas tienden a almacenarse en las células del cuerpo y no se eliminan con la misma facilidad (Cigna, 2023)

El pejibaye es rico en vitamina A en sí mismo, ya que posee ciertos precursores de esta vitamina, como los carotenoides los cuales son pigmentos vegetales que pueden convertirse en vitamina A en el cuerpo humano, principalmente en forma de beta-caroteno que es uno de los principales precursores de vitamina A y es importante para la salud de la piel, la visión y el sistema inmunológico. (Piedra, 1995)

Los anteriores estudios han encontrado que el pejibaye puede contener niveles significativos de vitamina C, que es un antioxidante importante en la formación de colágeno, la absorción de hierro y la protección contra el daño causado por los radicales libres. Es importante destacar que los niveles de vitamina C pueden variar según la variedad de pejibaye, la madurez de la fruta y las condiciones de cultivo. Sin embargo, en general, el pejibaye puede considerarse una adición nutritiva a la dieta, especialmente para aquellos que buscan aumentar su ingesta de vitamina C. (Campos P. A., 2013)

Figura 5

Contenido de vitamina A en el pejibaye

Calorías (Kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Vitamina A (eq. Retinol)
206	2.0	4.8	35.9	26.69*	226

Nota. Adaptado de Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques [Figura], por Ugalde. (2002), (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf)

Por otra parte, se realizaron estudios sobre la cantidad de vitamina presente en harina en base humedad, la siguiente figura muestra los contenidos encontrados

Figura 6

Contenido de vitaminas en harina de pejibaye

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Energía, cal	413.5	Vitamina B2, mg	0.3
Humedad, g	12.0	Vitamina C, mg	62.2
Proteína, g	3.8	Niacina, mg	2.5
Grasa, g	8.9	Hierro, mg	6.1
Almidón, g	1.3	Calcio, mg	10.9
Fibra cruda, g	2.1	Sodio, mg	2.7
Carbohidratos, g**	72.1	Potasio, mg	162.8
Vitamina A, µg eq.	1.2	Magnesio, mg	11.7
Vitamina B1, mg	0.1	Zinc, mg	2.1

Nota. Adaptado de Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques [Figura], por Ugalde. (2002), (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf)

2.5.13. Vitamina E (Gamma tocoferol y Beta tocoferol)

La vitamina E, específicamente el gamma tocoferol, es una vitamina liposoluble que pertenece al grupo de los tocoferoles, conocidos por su actividad antioxidante. El gamma tocoferol es una de las formas de vitamina E que se encuentra en alimentos y suplementos. La función principal de la vitamina E, incluyendo el gamma tocoferol, es proteger las células contra el daño causado por los radicales libres, que son moléculas inestables que pueden contribuir al envejecimiento y a diversas enfermedades, además la vitamina E desempeña un papel importante en el sistema inmunológico y en la salud de la piel. (OSU, 2024)

La vitamina E, también conocida como tocoferol o alfa-tocoferol, es un nutriente esencial presente en cada célula de tu cuerpo, cumple funciones como ayudar al correcto funcionamiento de los nervios y músculos, prevenir la formación de coágulos sanguíneos y fortalecer el sistema inmunológico para combatir infecciones causadas por gérmenes. Este nutriente es reconocido por ser un poderoso antioxidante, lo que significa que protege las células del daño causado por los radicales libres, sustancias que pueden contribuir al envejecimiento prematuro y diversas enfermedades. (MedlinePlus, s.f.)

La vitamina E, especialmente el gamma tocoferol, es un antioxidante crucial debido a su capacidad para donar hidrógenos fenólicos a radicales lipídicos, el alpha-tocoferol y el gamma-tocoferol difieren en su acción antioxidante y antiinflamatoria: el gamma-tocoferol parece más efectivo contra especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, mientras que el Alpha-tocoferol protege las membranas celulares y las lipoproteínas. Se ha observado que el gamma-tocoferol tiene actividades antioxidantes y antiinflamatorias más fuertes que el Alpha-tocoferol, y puede ser más efectivo en la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y cáncer, además, se ha evidenciado que el gamma-tocoferol reduce la agregación plaquetaria, la formación de trombos y la liberación de citoquinas proinflamatorias, e inhibe la proliferación de células de músculo liso y células cancerosas en estudios animales. (Campos H. , 2013)

2.5.14. Factores anti nutricionales del pejibaye

Los factores anti nutricionales son sustancias presentes en muchos alimentos de origen vegetal, entre estos factores anti nutricionales se incluyen las lectinas y los inhibidores enzimáticos. Las lectinas son proteínas no fibrosas que pueden interferir con la absorción de nutrientes y dañar la mucosa intestinal, lo que afecta la salud y el bienestar de los individuos que las ingieren, por otra parte, los inhibidores enzimáticos son polipéptidos o proteínas que tienen la capacidad de inhibir la acción de ciertas enzimas digestivas, como la tripsina. Estos inhibidores son específicos para ciertas enzimas y se encuentran principalmente en las semillas, tubérculos y hojas de muchas plantas. (Espinoza, 2007)

El pejibaye contiene dos factores anti nutricionales: inhibidores de tripsina y cristales de oxalato de calcio, sin embargo, cuando el pejibaye se somete adecuadamente a un escaldado, estos factores son desnaturalizados o disueltos, respectivamente, lo que reduce o elimina cualquier riesgo para la salud asociado con su consumo. (El país, 2023)

- Inhibidores de tripsina: Los inhibidores de tripsina son sustancias que pueden dificultar la digestión de las proteínas al inhibir la acción de la tripsina, una enzima digestiva. Estos inhibidores se encuentran en el pejibaye crudo, pero se desnaturalizan durante el proceso de cocción, lo que significa que pierden su capacidad de interferir con la digestión de las proteínas. (Cruz, 2022)
- Cristales de oxalato de calcio: Los cristales de oxalato de calcio son pequeñas estructuras cristalinas que pueden encontrarse en algunas plantas y pueden contribuir a la formación de cálculos de calcio en las vías urinarias si se consumen en grandes cantidades. Sin embargo, cuando el pejibaye se cocina adecuadamente, los cristales de oxalato de calcio se disuelven y no representan un riesgo para la salud. (Cruz, 2022)

2.6. Procesamiento del fruto del pejibaye

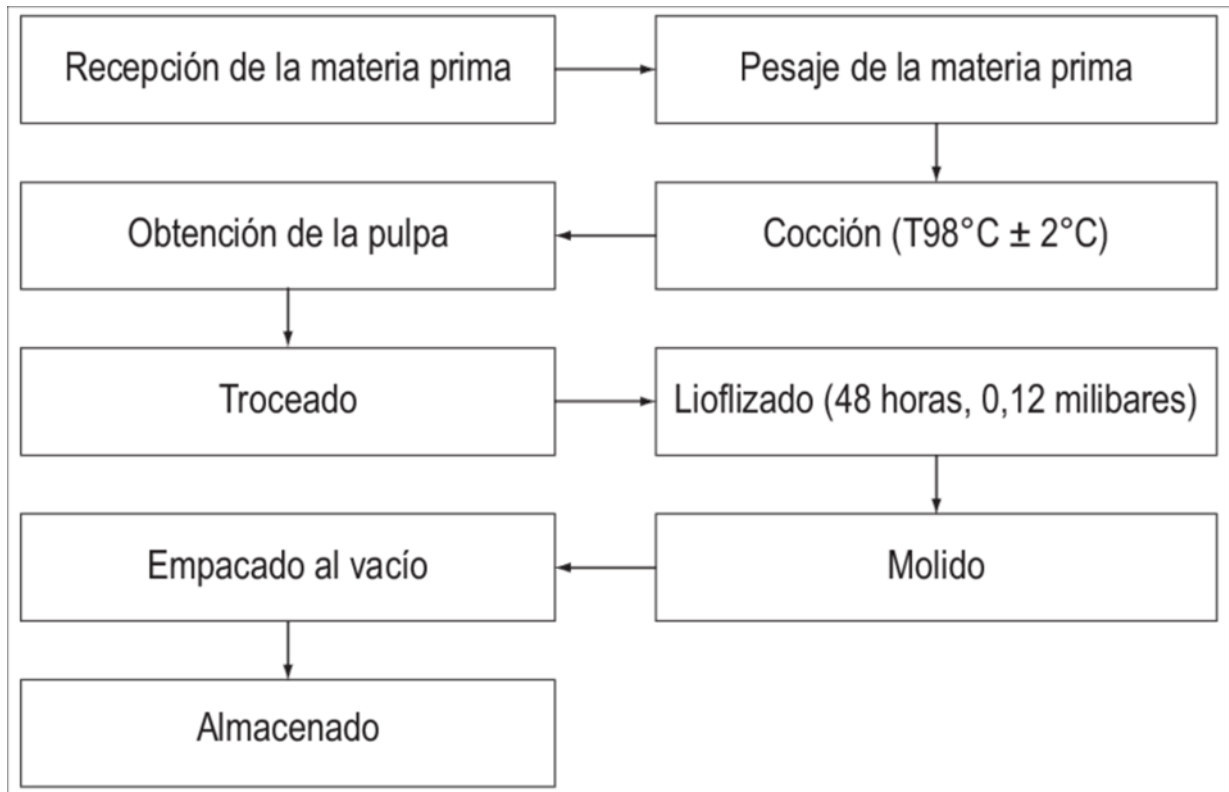
A nivel de historia el fruto del pejibaye se limita en un consumo directo, sin embargo, se han dado incursiones en el procesamiento por ejemplo en harina; para Costa Rica el pejibaye se desataca industrialmente de interés por su alta productividad en bajos costos además de su potencial nutricional. Parte de la elaboración de productos a base de pejibaye por ejemplo en Colombia se menciona frutos en almíbar, salmuera, mermelada y harina de pejibaye, de este último se derivan mezclas y demás que contribuyen a la industria de panificados (Campos P. A., 2013)

2.7. Harina de Pejibaye

La harina de pejibaye es un producto derivado de la pulpa de la fruta de pejibaye (*Bactris gasipaes*), que se ha convertido en una alternativa interesante en la industria alimentaria debido a su versatilidad y valor nutricional. (Rodríguez G. , 2015) A continuación, se describe el flujo de proceso típico para la producción de harina de pejibaye:

Figura 7

Diagrama de proceso para la harina de pejibaye

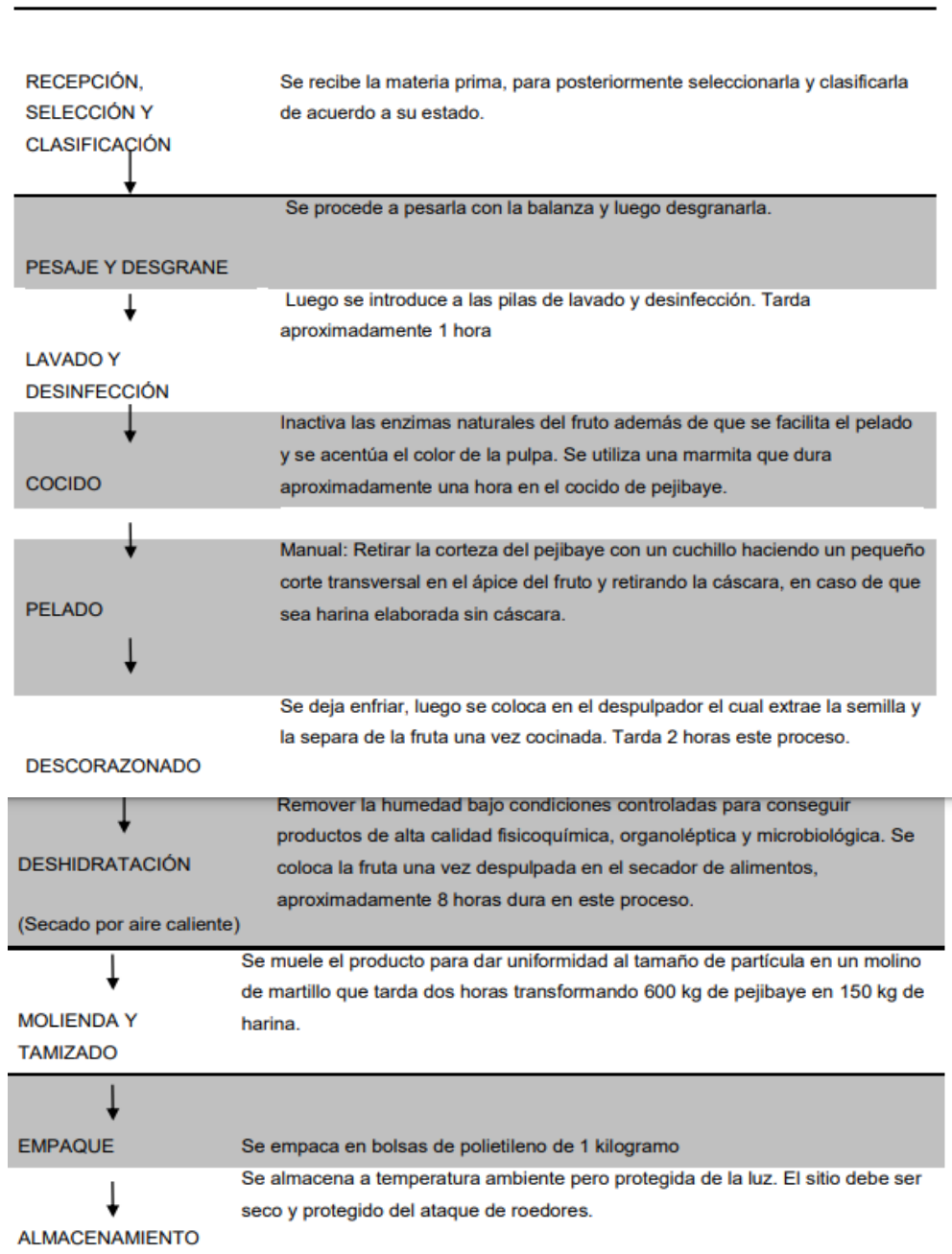


Nota. Adaptado de Textural and sensory properties of sausages made with red tilapia (*Oreochromis sp.*) with addition of chontaduro flour (*Bactris gasipaes*) [Figura], por Rodríguez (2015), (https://www.researchgate.net/publication/283442288_Textural_and_sensory_properties_of_sausages_made_with_red_tilapia_Oreochromis_sp_with_addition_of_chontaduro_flour_Bactris_gasipaes)

El proceso de producción es esencial para la transformación de materias primas en productos terminados y se basa en la selección de equipos y el uso eficiente de los recursos. En este caso, se describe el proceso de producción de harina de pejibaye utilizando 600 kilogramos de pejibaye como materia prima, con un objetivo de producción de 150 kilogramos de harina de pejibaye por día. (Romero, 2014)

Figura 8

Diagrama escrito para elaboración de harina de pejibaye



Nota. Adaptado de Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) por parte de la Asociación de Productores de Frutas de la Región Brunca (Asofrubrunca). [Figura], por Romero (2014), (<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18103/Estudio%20de%20factibilidad%20para%20la%20instalaci%3bn%20de%20una%20planta%20procesadora%20de%20harina%20de%20pejibaye%20ASOFRUBRUNCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Siguiendo con la demostración de la harina de pejibaye (Jiménez, 2020) aporta el siguiente flujo de proceso

Figura 9
Proceso de harina de pejibaye

RECEPCIÓN, SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN	Se recibe la materia prima, para posteriormente seleccionarla y clasificarla de acuerdo con su estado.
PESAJE Y DESGRANE	Se procede a pesarla con la balanza y luego desgranarla.
LAVADO Y DESINFECCIÓN	Luego se introduce a las pilas de lavado y desinfección. Tarda aproximadamente 1hr.
COCIDO	Inactiva las enzimas naturales del fruto, además de que se facilita el pelado y se acentúa el color de la pulpa. Se utiliza una marmita que dura aproximadamente una hora en el cocido de pejibaye.
PELADO	Manual: Retirar la corteza del pejibaye con un cuchillo haciendo un pequeño corte transversal en el ápice del fruto y retirando la cáscara, en caso de que sea harina elaborada sin cáscara.
DESCORAZONADO	Se deja enfriar, luego se coloca en el despulpador, el cual extrae la semilla y la separa de la fruta una vez cocinada. Tarda 2hr.
DESHIDRATACIÓN (Secado por aire caliente)	Se remueve la humedad bajo condiciones controladas para conseguir productos de alta calidad fisicoquímica, organoléptica y microbiológica. Se coloca la fruta una vez despulpada en el secador de alimentos, toma aproximadamente 8hr.
MOLIENDA Y TAMIZADO	Se muele el producto para dar uniformidad al tamaño de partícula en un molino de martillo que tarda 2hr transformando 600kg de pejibaye en 150kg de harina.
EMPAQUE	Se empaca en bolsas de polietileno de 1 kilogramo
ALMACENAMIENTO	Se almacena a temperatura ambiente pero protegida de la luz. El sitio debe ser seco y estar protegido del ataque de roedores.

Nota. Adaptado de Harina del fruto del pejibaye(*Bactris gasipaes* Kunth): Una alternativa para la diversificación productiva de los campesinos del sur de Costa Rica. Estudio de caso. [Figura], por Jimenez (2020), (<https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1610/index.html>)

2.7.1. Uso e importancia de la harina de pejibaye

La combinación del fruto de pejibaye con harina de trigo ofrece un potencial mercado atractivo por diversas razones, la mezcla de estas dos harinas podría ser comercializada y vendida directamente a panaderías locales y otros negocios para su utilización en la elaboración de una variedad de productos. La inclusión del pejibaye en la harina de trigo podría agregar valor nutricional a los productos horneados, ya que el pejibaye es rico en nutrientes como vitaminas, minerales y fibra dietética, además, el sabor y la textura distintivos del pejibaye podrían agregar un toque único y atractivo a los productos finales, diferenciándolos en el mercado. (Araya N. , 2013)

La harina de pejibaye es un producto versátil por su valor nutricional ya que es una fuente de nutrientes importantes, incluyendo carbohidratos, fibra dietética, vitaminas y minerales, se convierte en una alternativa sin gluten para personas con intolerancia al gluten o enfermedad celíaca, se puede utilizar en la elaboración de una variedad de productos horneados, como panes, pasteles, galletas y otros productos de repostería y en el uso de la industria alimentaria para la producción de alimentos procesados, como cereales, barras energéticas, snacks y otros productos alimenticios. (Rojas, 2002)

2.8. Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo es una representación gráfica que abarca todas las etapas del proceso de producción de alimentos, desde la entrada de materias primas hasta la salida de productos terminados, incluyendo la gestión de recursos y residuos. En un diagrama de flujo típico del proceso de producción de alimentos, se utilizan símbolos gráficos para representar las diferentes etapas del proceso, como la recepción de materias primas, el almacenamiento, la preparación, la cocción, el envasado y la distribución, estos símbolos se conectan entre sí mediante flechas para indicar la secuencia de operaciones. (Martin, 2023) Dentro de los beneficios de aplicar un diagrama de proceso se encuentra que:

- Documentar un proceso con diagramas de flujo
- Simplificar y visualizar ideas con un diagrama de flujo
- Organizar al equipo y asignar tareas con efectividad
- Tomar decisiones y justificarlas con diagramas de flujo
- Identificar y evitar cuellos de botella o problemas
- Estandarizar los procesos con diagramas de flujo
- Dar seguimiento al progreso de un proyecto (Torres, 2019)

2.8.1. Elaboración de flujo de proceso







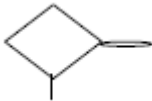




El proceso de construcción de diagramas de flujo implica una serie de pasos organizados que sirven como guía para su diseño. Según IICA (2002), estos pasos son los siguientes:

1. Conformar un grupo de trabajo: Reúne a las personas responsables de ejecutar y desarrollar los procedimientos relacionados con el proceso que se va a diagramar.
2. Establecer el objetivo y la audiencia del diagrama: Define claramente el propósito del diagrama de flujo y quién será su usuario final.
3. Definir los límites del proceso: Identifica el primer y último paso de cada procedimiento, teniendo en cuenta que el inicio de uno es la conclusión del proceso anterior y su término será el inicio del siguiente.
4. Identificar los pasos del proceso: Enumera y ordena cronológicamente todos los pasos incluidos dentro de los límites de cada procedimiento.
5. Identificar los puntos de decisión: Marca los puntos de decisión dentro del proceso, presentándolos como preguntas con dos posibles respuestas (SI/NO) que bifurcan el flujo del proceso.
6. Revisar el procedimiento: Verifica que el diagrama de flujo esté completo y correctamente ordenado. Esta revisión garantiza la precisión y coherencia del diagrama.
7. Construir el diagrama de flujo: Construye el diagrama de flujo siguiendo la secuencia cronológica de los pasos identificados y asignando los símbolos correspondientes a cada operación.

2.8.2. Simbología

La simbología utilizada en un diagrama de flujo es fundamental para representar de manera clara y precisa las diferentes etapas y acciones dentro del proceso. A continuación, se presentan los símbolos más comunes utilizados en los diagramas de flujo: (MIDEPLAN, 2009)

Tabla 3
Simbología de diagrama de proceso

Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Operación e inspección	Indica la verificación o supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento de sus componentes.
	Inspección y medición	Representa el hecho de verificar la naturaleza, cantidad y calidad de los insumos y productos.
	Transporte	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	Entrada de bienes	Indica productos o materiales que ingresan al proceso.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Demora	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	Conector	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	Conector de pagina	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continua el diagrama de flujo.

Nota. Adaptado de guía para elaboración de diagramas de flujo. [Figura], por MIDEPLAN (2009), (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://theily.files.wordpress.com/2009/09/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf)

2.9. Operaciones unitarias en la industria alimentaria

Las operaciones unitarias son fundamentales en la industria alimentaria, ya que son el corazón de los procesos de manufactura, transformación, conservación y empaque de los alimentos, estas operaciones involucran procesos físicos (y a veces químicos) básicos que permiten modificar las materias primas para convertirlas en productos finales seguros, nutritivos y apetecibles. (Jimenez, 2016)

La importancia de las operaciones unitarias en la industria alimentaria se puede exponer en varios puntos clave como:

- Conservación de alimentos: Las operaciones unitarias como el pasteurizado, ultra-pasteurizado, liofilización, y envasado al vacío son esenciales para prolongar la vida útil de los alimentos. Estas técnicas reducen la presencia de microorganismos
- Seguridad alimentaria: Están diseñadas específicamente para eliminar o reducir la presencia de contaminantes y microorganismos peligrosos.
- Mejora de la calidad organoléptica: La textura, el sabor, el color y el aroma de los alimentos pueden ser mejorados o modificados mediante operaciones unitarias.
- Procesamiento eficiente: Las operaciones unitarias permiten el procesamiento masivo y eficiente de alimentos, haciéndolo económicamente viable.
- Diversificación de productos: Gracias a las operaciones unitarias, las empresas pueden crear una amplia variedad de productos a partir de una misma materia prima.
- Optimización de recursos: La eficiencia de las operaciones unitarias también implica un uso más eficiente de los recursos, como la energía y el agua, y minimiza la generación de desperdicios.
- Adaptabilidad a regulaciones y normas: Las operaciones unitarias deben adaptarse constantemente a las regulaciones sanitarias y de calidad alimentaria, que son cada vez más estrictas. (INTEC, 2019)

2.10. Operaciones unitarias en la elaboración de harina de pejibaye

En la elaboración de la harina se determinan pasos o bien denominadas operaciones unitarias que funcionan como guía para una ejecución eficaz dentro del procesamiento.

2.10.1. Selección de la fruta

El proceso de recepción de materias primas empieza con los requerimientos y especificaciones de calidad de estas, en este documento se encuentran las características esperadas, desde lo organoléptico hasta lo fisicoquímico (Melo, 2022)

2.10.2. Pesaje inicial

El pesaje requiere de instrumentos de medición de masa que se utilizan, por ejemplo, en la gestión de inventarios o en la elaboración de fórmulas o recetas, la finalidad es contar de manera precisa con la cantidad inicial de materia prima para el posterior proceso. (CROMTEK, 2023)

2.10.3. Lavado y desinfección

Esta etapa es para eliminar impurezas, materiales defectuosos, contaminantes y hongos que no se eliminaron previamente. La calidad del producto final depende de la ejecución de esta etapa. (Pérez, 2021)

2.10.4. Cocción

La cocción se utiliza para cocinar los alimentos, lo que significa calentarlos a una temperatura suficiente para que los ingredientes crudos o semicrudos se vuelvan seguros para el consumo, la cocción elimina microorganismos dañinos y patógenos que podrían causar enfermedades (CROMTEK, 20223)

2.10.5. Descorazonado

El descorazonado es el proceso mediante el cual se separa la semilla de la pulpa del fruto (Pérez, 2021)

2.10.6. Secado

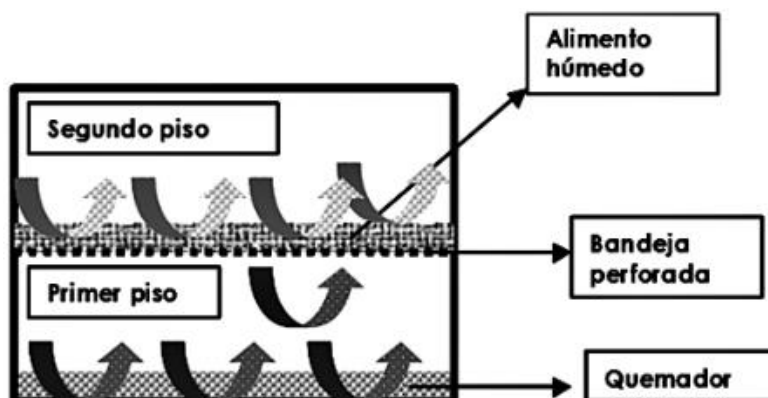
Es la eliminación del exceso de humedad, se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua (Pérez, 2021)

2.10.6.1. Tipos de secado

- a. Secado por horno de estufa: Es el método más simple y consta de una estructura de forma paralelepípedica de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar, el uso actual de este método en la industria de alimentos es muy reducido, utilizándose para el secado de manzanas, lúpulo y forrajes verdes. (EMJUVI, 2023)

Figura 10

Secado por horno de estufa



Nota. Adaptado de Secado de alimentos por secadores directos o por convección aire caliente – alimentos deshidratados. [Figura], por ENJUVI (2023), (<https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>)

- b. Secadores de bandeja o de armario: Está formado por una cámara metálica rectangular que contiene unos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores, cada bastidor lleva un cierto número de bandejas poco profundas, montadas unas sobre otras con una separación conveniente que se cargan con el material a secar, se hace circular aire caliente entre las bandejas por medio del ventilador acoplado al motor haciéndole pasar previamente por el calentador constituido por un haz de tubos por cuyo interior circula normalmente vapor de agua. Al final del ciclo de secado, normalmente largo, se saca de la cámara al conjunto de los bastidores para proceder a la descarga del producto seco y a una nueva carga. (EMJUVI, 2023)

Figura 11

Secado de bandeja o de armario

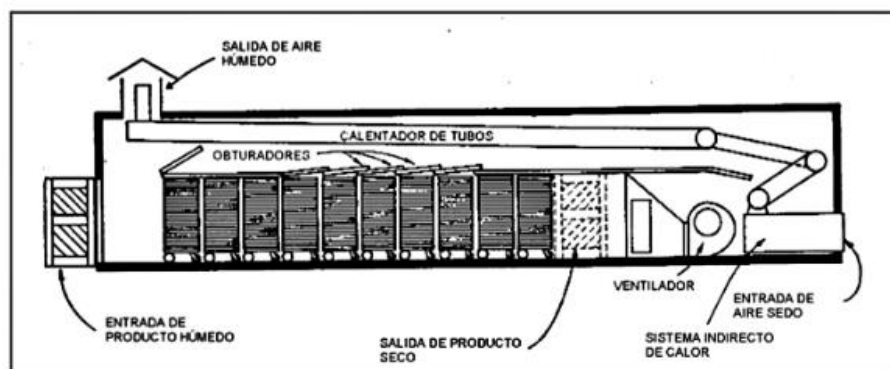


Nota. Adaptado de Secado de alimentos por secadores directos o por convección aire caliente – alimentos deshidratados. [Figura], por ENJUVI (2023), (<https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>)

- c. Secadores de túnel: Son semejantes a los secadores de bandejas, pero de funcionamiento semicontinuo, para lo cual las bandejas conteniendo el producto a secar se cargan sobre carretillas que se trasladan a lo largo del túnel de secado. (EMJUVI, 2023)

Figura 12

Secado por túnel



Nota. Adaptado de Secado de alimentos por secadores directos o por convección aire caliente – alimentos deshidratados. [Figura], por ENJUVI (2023), (<https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>)

2.10.6.2. Curvas de secado

Primeramente, se debe considerar en este aspecto algunos factores importantes como:

2.10.6.2.1. Periodos de secado:

Se divide en 3 fases, precalentamiento, secado constante, y secado decreciente

- a. **Precalentamiento:** Durante la fase de "estabilización" del proceso de secado, se equilibran las condiciones entre la superficie del sólido y el aire de secado. Aunque esta fase es breve en comparación con el ciclo completo, al principio el producto está frío, lo que resulta en una baja velocidad de transferencia de masa debido a la baja presión de vapor, sin embargo, la transferencia de calor es alta debido a la gran diferencia de temperatura entre el aire y el producto.
- b. **Secado Constante:** Durante el periodo de velocidad constante en el proceso de secado, la velocidad de transferencia de masa depende de las condiciones externas y se mantiene constante debido a la saturación de la superficie del sólido, donde el flujo de agua desde el interior del sólido hacia la superficie mantiene esta saturación. Se produce el desplazamiento del vapor desde la superficie saturada hacia el aire estático y luego hacia la corriente de aire principal. Durante esta fase, la velocidad de transferencia de calor se equilibra con la transferencia de masa, manteniendo constante la temperatura de la superficie.
- c. **Secado decreciente:** La fase de velocidad decreciente comienza cuando se alcanza la humedad crítica, en esta etapa, la zona de evaporación se desplaza desde la superficie hacia el interior del producto, lo que resulta en una reducción abrupta de la superficie efectiva de transferencia y una alimentación insuficiente de agua libre, lo que disminuye la velocidad de secado. A medida que avanza esta fase, la temperatura de la superficie del producto comienza a aumentar gradualmente hasta aproximarse a la temperatura de bulbo seco del aire. (Torre, 2016)

2.10.6.2.2. Parámetros de proceso

- a. **Humedad promedio:** La pérdida de peso en el tiempo en un proceso de secado se puede utilizar para calcular la humedad promedio, representada como \bar{x} . Esta humedad promedio se refiere a la masa de agua por unidad de masa del sólido seco en función del tiempo de secado. La fórmula para calcular la humedad promedio es la siguiente:

$$\bar{X} = \frac{M_h - M_s}{M_s} \quad 1$$

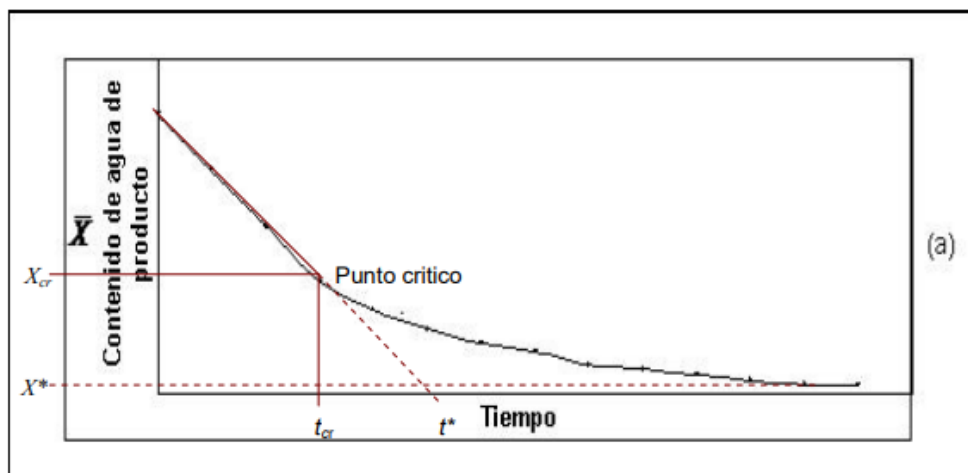
Donde: M_h es la masa de la humedad

M_s es la masa en seco

- b. Punto crítico (t_{cr}^-) : El punto crítico en el proceso de secado se determina mediante un método gráfico numérico que utiliza la regresión lineal en los primeros valores de la curva de secado, identificados por un coeficiente de correlación cercano a uno. Este punto marca el final del periodo de velocidad constante y el inicio del periodo de velocidad decreciente. (Velásquez, 2007)
- c. Humedad de equilibrio (\bar{X}^*): La humedad de equilibrio indica que el contenido de agua en el sólido que sale del secador no puede ser menor que el contenido de humedad de equilibrio correspondiente a la humedad del sólido que entra. Esta humedad se determina al final del proceso de secado, cuando la curva de secado muestra un comportamiento asintótico. (Velásquez, 2007)
- d. Constante de tiempo (W) : La constante de tiempo, es un parámetro que representa la relación entre la capacidad máxima de secado y la velocidad máxima del proceso, es un tiempo ficticio que describe el proceso de secado desde el inicio hasta alcanzar la humedad de equilibrio, suponiendo una velocidad de secado constante en todo el proceso. La constante de tiempo se obtiene mediante la extrapolación de la recta en el gráfico de secado. (Velásquez, 2007)

Figura 13

Representación de curva de secado



Nota. Adaptado de Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa Extractos Naturales Gelymar S.A. [Figura], por Velásquez (2007), (<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>)

2.10.7. Molienda

Es un proceso que reduce el tamaño de las partículas para aumentar la superficie de contacto y mejorar la eficiencia en las etapas de preparación como extracción, calentamiento, enfriamiento y deshidratación. También garantiza la uniformidad en el tamaño de las partículas, lo que contribuye a una mejor homogeneización y facilita la separación del componente a analizar. (LABOMERSA, 2021)

2.10.8. Tamizaje

Es un método de separación útil donde se separan partículas de distinto tamaño, de manera que permitan el paso de la materia sólida que tiene menor tamaño y retenga las partículas más grandes.

2.10.9. Almacenamiento:

Es el proceso mediante el cual se resguarda el producto final en condiciones y especificaciones necesarias. (Romero, 2014)

2.11. Determinación de características fisicoquímicas

Un análisis fisicoquímico en alimentos es un proceso para comprender a fondo las características y propiedades de los componentes que conforman los alimentos, su objetivo principal es evaluar la calidad, seguridad y valor nutricional de los alimentos; durante este análisis, se llevan a cabo una serie de pruebas y técnicas para estudiar diferentes aspectos, por ejemplo, se determina el contenido de nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, lo cual es crucial para entender el aporte nutricional del alimento, además, se evalúan parámetros como el pH y la humedad, que influyen en la estabilidad y conservación de los alimentos. Los resultados obtenidos de este análisis nos muestran si un alimento cumple con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las autoridades sanitarias. (PROACCIONA, 2022)

2.12. Variables fisicoquímicas y el método para determinarlas

2.12.1. Porcentaje de Humedad

La determinación de la humedad en alimentos, según Tirado (2015), se lleva a cabo utilizando dos métodos diferentes en función de la precisión y la aplicabilidad a diferentes tipos de muestras.

- a. Humedad por halógenos: El primer método mencionado es la determinación de humedad por analizador de humedad de halógenos, este equipo utiliza halógenos como fuente de calor y tiene un rango de temperatura entre 50 y 160°C, con ajustes

de tiempo para el proceso. Su sensibilidad es de 0.01% de humedad y se destaca por su alta precisión, ya que no presenta variabilidad en la temperatura programada, normalmente se programa a una temperatura de 105°C hasta alcanzar el peso constante de la muestra, lo que indica que se ha eliminado toda la humedad. (Tirado, 2015)

- b. Humedad por estufa: El segundo método mencionado es el método de determinación de humedad por estufa, basado en el principio del desecado del alimento a 105°C hasta obtener un peso constante. Este método sigue el estándar A.O.A.C 23.003:2003 y utiliza intervalos de medida cada dos horas, con un tiempo adicional de quince minutos en una campana de desecación después de retirar la muestra de la estufa. Aunque este método es más tradicional, se considera más preciso y confiable en comparación con los métodos electrónicos. (Tirado, 2015) Sin embargo, es importante tener en cuenta que el método de estufa puede tener limitaciones, como la destrucción de muestras, pérdida de volátiles y caramelización de azúcares, lo que puede afectar su aplicabilidad en ciertos tipos de alimentos, como grasas o aceites esenciales. En estos casos, el uso del analizador de humedad de halógenos puede ser más adecuado debido a su mayor precisión y control de variables. (Salazar, 2016)

2.12.2. Porcentaje de Grasa

Las grasas son uno de los tipos de lípidos más conocidos y se caracterizan por ser ésteres de glicerol y ácidos grasos, estos ácidos grasos pueden ser saturados, insaturados o poliinsaturados, lo que influye en sus propiedades físicas y nutricionales, además de las grasas, dentro de la clasificación de lípidos se encuentran otros componentes importantes, como los fosfolípidos estos son esenciales para la estructura de las membranas celulares y están compuestos por un grupo fosfato, ácidos grasos y una base nitrogenada, otro grupo de lípidos son los esteroides, que incluyen hormonas esteroides como el colesterol, la testosterona y los estrógenos; Además, existen los lípidos complejos, como los lipoproteínas, que transportan lípidos en la sangre y participan en el metabolismo de las grasas y por último también están los esfingolípidos, presentes en las membranas celulares y que desempeñan un papel importante en la señalización celular y la integridad de las células nerviosas. (Carvajal, 2020)

Uno de los métodos clásicos utilizados para la determinación de lípidos es el método Soxhlet, este método, también conocido como gravimétrico, se basa en la extracción

semicontinua de los lípidos de una muestra sólida mediante un disolvente orgánico. El disolvente se calienta y se volatiliza, condensándose sobre la muestra y extrayendo los lípidos, luego, el disolvente se sifonea de vuelta al matraz de calentamiento para repetir el proceso, el contenido de grasa se determina por diferencia de peso entre la muestra antes y después de la extracción. Este método es ampliamente utilizado en laboratorios de análisis de alimentos para generar la tabla de valor nutricional de un producto, así como en la industria alimentaria para el control de calidad y en ámbitos educativos e investigativos relacionados con la composición de alimentos. (VIRESA, 2021)

2.12.3. Porcentaje de Proteína

La determinación del contenido proteico en alimentos es importante para comprender su valor nutricional y calidad, tradicionalmente, este análisis se realiza calculando indirectamente la cantidad de proteínas a través de la medición del nitrógeno presente en la muestra, o estimándolo a partir de la concentración de aminoácidos específicos conocidos por su reactividad química única, aunque este último método puede ser menos preciso (Martínez, s.f.)

El método Kjeldahl, empleado por más de un siglo, es la técnica estándar para medir el nitrógeno en una amplia variedad de muestras, incluyendo alimentos, bebidas, piensos, fertilizantes, aguas residuales y suelos, este método es reconocido y descrito en varias normativas internacionales como AOAC, USEPA, ISO, entre otras, lo que evidencia su amplia aceptación y validez. La premisa básica del método Kjeldahl es considerar que todo el nitrógeno presente en la muestra es de origen proteico, lo cual puede no ser exacto dado que en la muestra pueden existir otros compuestos nitrogenados no proteicos, por esta razón, el contenido proteico determinado por este método se refiere a menudo como "proteína bruta" o "proteína total". (PROAIN, 2020)

2.12.4. Porcentaje de Fibra

El término fibra hace referencia a los componentes fibrosos de la pared celular vegetal, incluyendo estructuras complejas como las hemicelulosas, la celulosa y la lignina. La fibra cruda incluye todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas que resisten la hidrólisis en condiciones ácidas y alcalinas, esto implica que, a pesar de someterse a tratamientos químicos rigurosos, ciertos componentes de la fibra permanecen intactos debido a su resistencia a la descomposición. (Álvarez E. , 2008)

Nutricionalmente, se entiende por fibra a aquellos componentes de las plantas que no son digeridos por las enzimas proteolíticas del sistema digestivo. Es importante destacar que los valores obtenidos para la fibra cruda en análisis de alimentos no reflejan con precisión el contenido real de fibra dietética que estos proporcionan, la fibra dietética puede ser hasta tres a cinco veces mayor que los valores indicados por la fibra cruda, además, el valor nutricional de la fibra dietética varía significativamente entre diferentes tipos de alimentos debido a la diversidad de sus componentes. (Calizaya, 2023)

La determinación de fibra se realiza utilizando el método ANKOM 57, donde cada paso está diseñado para aislar el corazón fibroso de nuestras muestras de alimentos o piensos. El método ANKOM⁵⁷ se refiere a una técnica específica empleada para la determinación de fibra en muestras de alimentos o forrajes, utilizando la tecnología proporcionada por ANKOM Technology. La designación "⁵⁷" podría ser una referencia específica al modelo de equipo o al protocolo utilizado dentro de la gama de soluciones que ofrece ANKOM para el análisis de fibra dietética, fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), entre otros. El procedimiento general que sigue el método ANKOM para la determinación de fibra implica el uso de bolsas de filtro especiales en las que se introducen las muestras de alimento o forraje. Estas bolsas se someten luego a un proceso automatizado que incluye digestiones, lavados y filtraciones, utilizando diferentes soluciones para extraer las fracciones de fibra deseables. Por ejemplo, la fibra detergente neutra (FDN) elimina los lípidos y extrae las hemicelulosas, celulosa y lignina, mientras que la fibra detergente ácida (FDA) adicionalmente extrae las hemicelulosas, dejando la celulosa y lignina. (Lopez, s.f.)

2.12.5. Actividad del agua

El agua juega un papel fundamental en las propiedades físicas y químicas de los alimentos. Su presencia afecta la reología, textura, estabilidad microbiana, así como las reacciones químicas y enzimáticas que ocurren en ellos, este impacto se debe principalmente al agua libre y su disponibilidad en el producto. A partir del agua libre surge el concepto de actividad del agua (A_w), que es un parámetro clave para predecir la estabilidad y la vida útil de un alimento. La actividad del agua (A_w) se define como la relación entre la presión de vapor de agua en un alimento específico (P) y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura (P_o). Un bajo valor de A_w indica una baja disponibilidad de agua y, por lo tanto, una mayor estabilidad del producto, mientras que

un alto valor de A_w puede favorecer la actividad microbiana y la degradación del alimento. (Morató, 2008) Matemáticamente, se expresa como:

$$A_w = \frac{f}{f^0} = \frac{P}{P^0} = \frac{HR}{100} = \frac{M_a}{M_a + M_s} \quad 2$$

Donde:

A_w : Actividad del agua.

P : Presión de vapor de agua en el alimento.

P^0 : Presión de vapor de agua pura a la misma temperatura.

f : Fracción de agua en el alimento.

f^0 : Fracción de agua en un alimento con $A_w = 1$.

HR : Humedad relativa del ambiente en el que se encuentra el alimento.

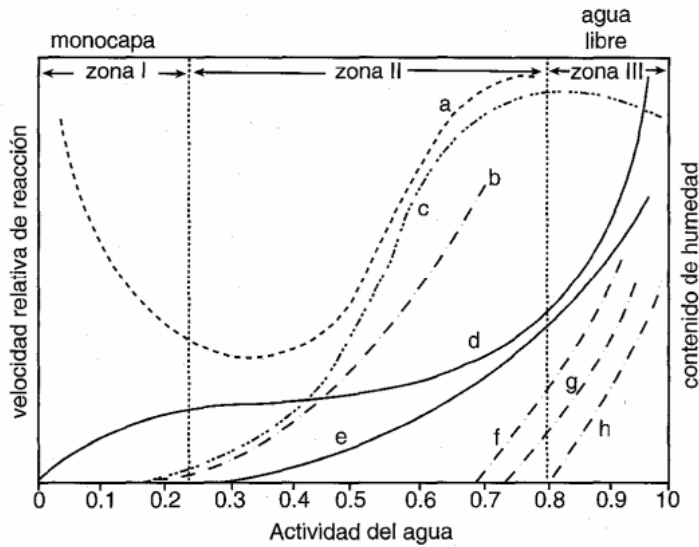
Los valores críticos de actividad de agua (a_w) son importantes para entender cómo afectan a los productos deshidratados en términos de vida útil y calidad, por ejemplo:

- a_w entre 0,2 – 0,3: En esta región, se encuentra el contenido óptimo de humedad para productos deshidratados. En este rango, los productos tienen una vida útil máxima, ya que la actividad de agua es lo suficientemente baja como para prevenir la proliferación de microorganismos y retrasar las reacciones químicas que requieren agua
- a_w entre 0,35 – 0,45: En esta zona, se observan cambios físicos significativos en los productos deshidratados. Estos cambios incluyen la pérdida de la capacidad de crujiar, la adhesividad de los productos en polvo y el endurecimiento de las golosinas. También se produce la recristalización de azúcares en estado amorfo, lo que puede provocar un apelmazamiento irreversible. Estos cambios físicos están influenciados por la Temperatura de Transición Vítrea (T_g), que es un punto crítico en el contenido de humedad donde estos cambios comienzan a ser evidentes. (LabFerrer, s.f.)

Existe una zona de estabilidad donde el agua es óptimo o dependiendo del valor como se comporte afecta directamente sobre algunos aspectos (Unicen , 2016) tal y como se aprecia en la siguiente figura

Figura 14

Influencia de la actividad del agua según la zona



a) oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) pardeamiento no enzimático; d) isoterma de adsorción, e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras; h) crecimiento de bacterias-

Nota. Adaptado de El agua. [Figura], por Unicen (2016), (https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Apunte_Actividad_de_agua.pdf)

2.12.6. Porcentaje de Carbohidratos (ELN)

El Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) es una categoría nutricional que se utiliza en el análisis de alimentos, especialmente en la evaluación de forrajes y alimentos para animales, dentro del sistema Weende, que es uno de los sistemas analíticos más antiguos y más utilizados para determinar la composición química de los alimentos, este sistema Weende se enfoca en separar los componentes de los alimentos en seis fracciones básicas: agua, cenizas (minerales), proteína bruta (nitrógeno total multiplicado por un factor, usualmente 6.25), extracto etéreo (grasas), fibra bruta y el extracto libre de nitrógeno (ELN). (UCR, s.f.)

La fórmula para calcular el ELN es la siguiente:

$$ELN = 100 - (\%ceniza + \%grasa + \%proteína + \%fibra + \%Humedad) \quad 3$$

Es importante destacar que el ELN no contiene celulosa, un tipo de carbohidrato complejo que forma parte de la fibra bruta, sin embargo, puede contener hemicelulosa y algo de lignina, que son otros tipos de polímeros de azúcar y compuestos orgánicos complejos respectivamente, aunque la lignina es principalmente considerada cuando se analiza la fibra detergente neutra o ácida, no en el análisis de fibra bruta del sistema Weende.

El ELN puede incluir una variedad de compuestos, tales como:

Hidratos de Carbono Simples: Como los azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, etc.), que son solubles en agua y tienen un papel crucial en la dieta como fuente rápida de energía.

Almidones: Polímeros de glucosa que representan una fuente de energía más sostenida en comparación con los azúcares simples. Los almidones requieren ser descompuestos en azúcares más simples para su absorción.

Otros Carbohidratos Solubles en Agua: Que no son clasificados dentro de las otras fracciones analíticas del sistema Weende.

Vitaminas Hidrosolubles: Como las del complejo B y la vitamina C, que, al ser solubles en agua, pueden ser parte de esta fracción. Sin embargo, su cuantificación dentro del ELN no se considera específicamente en el análisis de alimentos por el sistema Weende. (FAO, 2022)

2.12.7. Porcentaje de Cenizas

La determinación de cenizas es un proceso que proporciona información sobre el contenido de minerales inorgánicos presentes en la muestra, este método implica la quema de la muestra al aire para eliminar toda la materia orgánica, seguida de la incineración de la muestra restante en una mufla para obtener el residuo inorgánico, es decir, las cenizas. Existen tres tipos de análisis de cenizas: cenizas en seco par a la mayoría de las muestras de alimentos; cenizas húmedas (por oxidación) para muestras con alto contenido de grasa (carne y productos cárnicos) como método de preparación de la muestra para análisis elemental y análisis simple de cenizas de plasma en seco a baja temperatura para la preparación de muestras cuando se llevan a cabo análisis de volátiles elementales (Díaz, 2019)

Algunos errores y dificultades en la determinación de cenizas en seco incluyen la pérdida de ceniza debido a la intensidad de la llama al quemar la muestra al aire, los cambios en las sales minerales durante la incineración, como la conversión de carbonatos a óxidos, y la adhesión de muestras con alto contenido de azúcares, lo que puede provocar pérdida de muestra y fusión del carbón con partes no oxidadas de la muestra. Estos desafíos deben abordarse con técnicas y equipos adecuados para garantizar resultados precisos en el análisis de cenizas en alimentos. (Márquez, 2014) La ecuación matemática que expresa el % de ceniza es la siguiente:

$$Muestra = \frac{O_2}{500 - 600^\circ C} CO_2 + H_2O + cenizas(material\ orgánico) \quad 3$$

El análisis de minerales en alimentos es comúnmente realizado para determinar el contenido de macrominerales como calcio, fósforo y magnesio, estos minerales son fundamentales para la salud y su presencia en los alimentos es de interés nutricional. El análisis de minerales generalmente se lleva a cabo mediante técnicas como espectrofotometría de absorción atómica o colorimetría, sin embargo, el análisis de oligoelementos (minerales en cantidades muy pequeñas) suele ser costoso y laborioso, por lo que no se realiza con frecuencia. (AAP, 2013)

2.12.8. Color

En la industria de alimentos y bebidas, el color y la apariencia son claves para el éxito de un producto, cuando el color está apagado o es diferente a lo que el consumidor espera, esto también le puede indicar que el sabor no es el mismo, por ello, es importante la medición de color en alimentos, además representa el único indicador inmediato de calidad aparente y requiere la atención adecuada por medio de mediciones objetivas y repetitivas de materia prima, procesos de producción y producto final. (Vega, 2022)

El color, como una propiedad intrínseca y perceptible de los objetos, juega un papel crucial en múltiples industrias, siendo especialmente relevante en el sector de alimentos, donde no solo influye en la apariencia estética de un producto sino también en la percepción de su calidad y frescura por parte del consumidor, sin embargo, la percepción del color es un fenómeno complejo afectado por una variedad de factores físicos, psicológicos y fisiológicos (Sarrazín, 2014)

Existe una teoría que explica el espacio de color $L^*a^*b^*$ y esta teoría establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas. (Konica, s.f.)

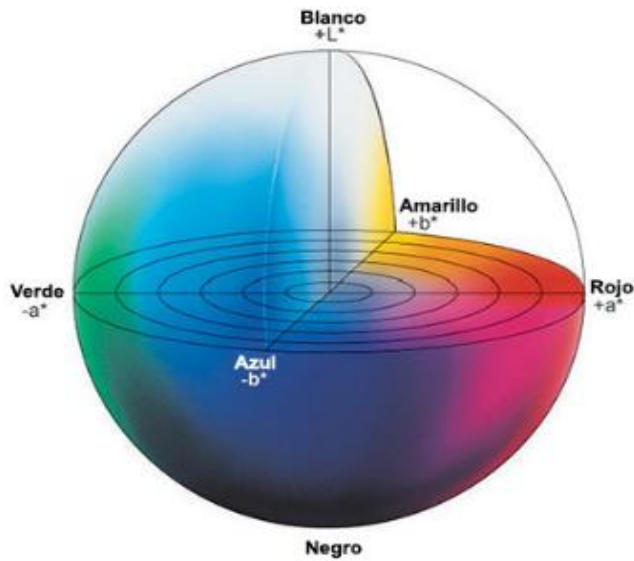
L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Figura 15

Ejes de espacio de color



Nota. Adaptado de Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B. [Figura], por Konica (S,f), (<https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/pH>)

2.13. Normas de alimentos para las harinas

La normativa de alimentos es un conjunto de leyes y regulaciones diseñadas para asegurar la seguridad y calidad de los alimentos que se consumen en una sociedad, estas reglas abarcan una amplia gama de aspectos, desde el cultivo y la recolección de los ingredientes, pasando por su procesamiento, empaquetado, distribución y venta; el objetivo de la normativa alimentaria es proteger la salud de los consumidores, asegurando que los productos alimenticios sean seguros y estén libres de contaminantes que puedan provocar enfermedades o afectar adversamente la salud de las personas. (OMC, 2018)

Las autoridades reguladoras en cada país son las encargadas de establecer estas normas, las cuales deben ser cumplidas por agricultores, fabricantes de alimentos, supermercados y todos los involucrados en la cadena alimentaria. Además, estas regulaciones promueven la transparencia y la honestidad en la etiquetación de los alimentos, proporcionando a los consumidores información esencial sobre los ingredientes, la fecha de caducidad, el origen del producto y otros datos relevantes. (FOOD TECH, 2023)

La normativa de alimentos también juega un papel crucial en la prevención del fraude alimentario, un problema que no solo afecta la economía, sino que también puede comprometer la salud pública. Al establecer estándares claros y protocolos de inspección

rigurosos, se ayuda a garantizar que los productos ofrecidos en el mercado sean auténticos y cumplan con las expectativas de calidad y seguridad establecidas. (FAO, 2023)

2.13.1. CODEX STAN 152-1985

El CODEX STAN 152-1985 es una norma del Codex Alimentarius específicamente orientada a los productos de cereales, legumbres y leguminosas secas. Esta norma establece una serie de criterios de calidad y seguridad que deben cumplir estos productos para ser considerados aptos para el consumo humano, esta incluye especificaciones sobre aspectos como la definición de los productos, la calidad, los aditivos alimentarios permitidos, los contaminantes, el etiquetado y los métodos de análisis, también aborda el etiquetado de estos productos, especificando la información que debe estar presente para asegurar que los consumidores están adecuadamente informados sobre lo que están comprando. (FAO, s.f.)

Esta norma establece que la harina de trigo debe contener como nivel máximo un 15,5% m/m, además establece una serie de condiciones que se visualizan en la siguiente figura

Figura 16
Factores de calidad de harinas

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
ACIDEZ DE LA GRASA	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico - 0 - Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, respecto a la materia seca	Método ISO 7305 (1986) - 0 - AOAC 939.05
PROTEÍNA (N x 5,7)	Min. 7,0 % referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I) - 0 - ISO 1871:1975
SUSTANCIAS NUTRITIVAS ■ vitaminas ■ minerales ■ aminoácidos	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (GRANULOSIDAD)	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22

Nota. Adaptado de Norma del Codex para harina de trigo. [Figura], por FAO. (S,f), (https://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf)

2.13.2. CODEX 155-1985

Es un estándar establecido por el Codex Alimentarius, que es una colección de normas, directrices y códigos de práctica reconocidos internacionalmente, destinados a proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas justas en el comercio de alimentos. Esta norma específica, CXS 155-1985, establece las directrices para la producción, procesamiento, etiquetado y venta de harina y sémola de maíz sin germen. Define características como la calidad, pureza y condiciones sanitarias que estos productos deben cumplir para ser considerados seguros y adecuados para el consumo humano, facilitando así el comercio internacional de estos productos alimenticios al establecer un estándar comúnmente aceptado. (FAO, 2019)

Factores de calidad:

Humedad: 15% nivel máximo

Otros aspectos de calidad

Figura 17

Factores de calidad según CXS 155-1985

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA	Máx.: 1,0 % referido al peso en seco	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
PROTEÍNA (N x 6,25)	Mín.: 7,0 % referido al peso en seco	Método ICC 105/1 para determinación de la proteína cruda en cereales y productos a base de cereales para alimentos y piensos (Tipo I) - Catalizador selenio/cobre - o - ISO 1871:1975
GRASA NO REFINADA	Máx.: 2,25 % referido al peso en seco	AOAC 945.38F; 920.39C ISO 5986:1983
GRANULOSIDAD		
<ul style="list-style-type: none"> ■ harina de maíz sin germen 	El 95 % o más deberá pasar por un tamiz de 0,85 mm; - y - El 45 % o más deberá pasar por un tamiz de 0,71 mm; - y - El 25 % o menos deberá pasar por un tamiz de 0,210 mm	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1-1982)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Semola de maíz sin germen 	El 95 % o más deberá pasar por un tamiz de 2,00 mm; - y - El 20 % o menos deberá pasar por un tamiz de 0,71 mm	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1-1982)

Nota. Adaptado de Norma para la harina y la sémola de maíz sin germen cxs 155-1985. [Figura], por FAO. (2019), https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B155-1985%252FCXS_155s.pdf

2.13.3. Norma Técnica Colombiana de Harina de Plátano NTC 2799

Es un estándar establecido por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) que define los requisitos de calidad y especificaciones técnicas que deben cumplir las harinas de plátano producidas en Colombia. Esta norma tiene como objetivo principal garantizar la calidad, seguridad y uniformidad de este producto alimenticio, asegurando que cumpla con los estándares requeridos para su consumo humano y su uso en la industria alimentaria. Algunos aspectos que la norma aborda incluyen la composición química de la harina de plátano, los métodos de producción, los parámetros físicos y sensoriales que deben cumplirse, los requisitos de empaque y etiquetado, así como los límites permitidos para contaminantes y aditivos alimentarios. (INCOTEC , 2020)

Figura 18

Requisitos de calidad que debe cumplir la harina de plátano

Requisito	Valores	
	Mínimo	Máximo
Humedad en % en masa	-	10,0
Cenizas en % en masa	-	2,5
Grasa en % en masa	0,4	1,0
Fibra en % en masa	-	1,0
Proteínas en % en masa	2,0	-
Carbohidratos en masa	83,5	-

Nota. Adaptado de NTC 2799:2020. [Figura], por INCOTEC. (2020), <https://wdn2.ipublishcentral.com//hipertexto500148/viewinsidehtml/501554001339525>

Figura 19

Requisitos microbiológicos para la harina de plátano

Requisitos	Valores
Reencuentro total de bacterias aerobias mesófilas/g	20 x 10 ⁴
Hongos y levaduras/g	20 x 10 ²
NMP de coliformes totales/g	150 máx
NMP de coliformes fecales/g	menor de 3
Escherichia coli/g	ausencia total (0)
Salmonella/25 g	ausencia total (0)
Shiguella/25 g	ausencia total (0)

Nota. NTC 2799:2020. [Figura], por INCOTEC. (2020), <https://wdn2.ipublishcentral.com//hipertexto500148/viewinsidehtml/501554001339525>

2.14. Diseño de la investigación

Un diseño de investigación es fundamentalmente el esquema o marco que organiza la manera en que se llevará a cabo una investigación, este diseño actúa como una hoja de ruta para el investigador, delineando desde los objetivos del estudio hasta los métodos específicos de análisis de datos; un diseño bien elaborado es respaldo para la validez, la confiabilidad y la precisión de los resultados de una investigación. Dentro de los elementos claves se encuentran:

- **Objetivos de la Investigación:** El punto de partida de cualquier estudio es la definición clara de sus objetivos. Estos deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales
- **Preguntas o Hipótesis de Investigación:** Las preguntas de investigación deben ser claras y estar directamente relacionadas con los objetivos del estudio, estas representan suposiciones informadas que se derivan de la teoría o investigaciones previas y que el estudio buscará confirmar.
- **Métodos de Recogida de Datos:** La elección del método de recogida de datos es crítica y debe alinearse con los objetivos del estudio, pueden ser cualitativos, cuantitativos o una combinación de ambos, y su elección influirá en el diseño del estudio, incluido el tipo de instrumentos de recogida de datos y el análisis.
- **Muestreo:** Implica la selección de una porción de la población que sea representativa del grupo más amplio.
- **Instrumentos de Recogida de Datos:** Estos pueden variar desde cuestionarios y entrevistas hasta equipos sofisticados para experimentos.
- **Análisis de Datos:** El análisis puede ser cualitativo, cuantitativo o mixto, dependiendo de la naturaleza de los datos y los objetivos de la investigación.
- **Calendario:** Este debe incluir etapas clave como la recogida de datos, el análisis y la redacción del informe de investigación.
- **Consideraciones Éticas:** La investigación debe llevarse a cabo con integridad ética, respetando la privacidad, la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes.
- **Recursos:** Identificar y asegurar los recursos necesarios para la investigación, incluidos el financiamiento, el personal, el equipo y el acceso a bases de datos o poblaciones de estudio, es un paso crítico en el diseño de la investigación.

- **Presentación de Datos e Informes:** La manera en que se presentarán y comunicarán los resultados es un componente esencial del diseño de la investigación. (Jain, 2023)

2.15. Estudio Técnico

El estudio técnico desempeña un papel fundamental en la planificación y viabilidad de un proyecto al proponer diversas opciones tecnológicas para la producción de bienes o servicios, este abarca la determinación del tamaño y la ubicación óptima de la planta, la ingeniería del proyecto y aspectos organizativos, administrativos y legales, además, el estudio técnico proporciona información crucial para calcular las inversiones necesarias y los costos operativos, así como el capital de trabajo. Una de las conclusiones es la necesidad de definir una función de producción que optimice la utilización de recursos disponibles, lo que a su vez determina los requisitos de equipos, espacio físico y personal, también se consideran aspectos como el mantenimiento, las reparaciones y la reposición de equipos, la descripción del proceso productivo revela las materias primas e insumos necesarios, y la elección del proceso se basa en análisis técnicos y económicos. (UCIPFG, s.f.)

Los objetivos del estudio técnico son los siguientes: determinar la ubicación más adecuada considerando factores condicionantes, describir las características de la zona de influencia del proyecto, definir su tamaño y capacidad, especificar el presupuesto de inversión que incluye recursos materiales, humanos y financieros necesarios, establecer un cronograma de inversión hasta la puesta en marcha, identificar la estructura legal aplicable al proyecto y verificar la viabilidad técnica para su instalación. (UNAM , s.f.)

Ahora bien, es necesario adaptar herramientas como el PMBOK que comparte buenas prácticas y lineamientos más que una metodología estricta, se adapta tanto a profesionales nuevos como experimentados en gestión de proyectos, incorporando innovaciones en cada edición. La edición más reciente se centra en la creación de valor en los negocios a través de proyectos y dice que un proyecto tiene cinco fases: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. Cada fase tiene objetivos específicos y contribuye al éxito global del proyecto. (Rodrigues, 2021)

2.16. Aspectos técnicos

Los aspectos relacionados con la ingeniería del proyecto tienen una influencia significativa en las inversiones necesarias:

a) Selección de la tecnología a ser utilizada: La elección de la tecnología adecuada impacta directamente en la eficiencia, calidad y capacidad de producción del proyecto. La tecnología seleccionada también puede afectar los costos de adquisición, mantenimiento y operación a lo largo del tiempo.

b) Descripción del Proceso Productivo: La descripción detallada del proceso productivo permite identificar los pasos necesarios para la fabricación del producto o la prestación del servicio, esto incluye la secuencia de operaciones, los insumos requeridos, las etapas de transformación y los controles de calidad.

c) Selección de la maquinaria y equipos requeridos: La elección de la maquinaria y equipos adecuados está relacionada con la capacidad de producción, la eficiencia operativa y la calidad del producto final, la adquisición de maquinaria también representa una parte significativa de la inversión inicial del proyecto.

d) Selección de los proveedores de maquinaria y equipos: La elección de proveedores confiables y con experiencia en el suministro de maquinaria y equipos es crucial para garantizar la calidad y el soporte técnico necesario durante la implementación y operación del proyecto.

f) Identificación de los servicios públicos necesarios: Es crucial identificar y asegurar el acceso a servicios públicos como electricidad, agua, gas, telecomunicaciones, entre otros, para el funcionamiento adecuado del proyecto.

g) Especificación de la materia prima y del balance de materiales de cada producto: La especificación detallada de la materia prima requerida y el balance de materiales permiten estimar los costos de producción, gestionar el inventario y optimizar los procesos de abastecimiento y producción.

h) Identificación de la mano de obra requerida: Determinar el personal necesario, sus habilidades y capacidades, así como establecer los roles y responsabilidades, contribuye a estimar los costos laborales y garantizar la eficiencia operativa del proyecto. (Pimentel, 2019)

2.17. Proyecto de inversión

Los proyectos de inversión son herramientas tanto en el ámbito empresarial como en el gubernamental y personal, diseñadas para evaluar la viabilidad y rentabilidad de destinar recursos a una idea o negocio específico, su objetivo principal es satisfacer necesidades humanas a través de la generación de bienes o servicios. Para que una asignación de recursos se considere un proyecto de inversión, debe cumplir con ciertas características que aseguran su eficacia y viabilidad. (UNAM, 2020)

2.18. Métodos de un análisis de costos de inversión

Los métodos de análisis de inversiones son herramientas esenciales para informar a las empresas sobre los resultados esperados de una inversión económica en activos, estos métodos son importantes para comprender el rendimiento futuro, el período de recuperación y los beneficios de la inversión, lo que es vital cuando se destinan recursos financieros a inversiones, ya sean productivas o no. Estos análisis también son útiles para comparar diferentes alternativas de inversión y evaluar su rentabilidad. Hay dos categorías principales de métodos: estáticos los cuales calculan el rendimiento de la inversión en términos de dinero sin considerar cuándo se generará dicho retorno, sin tener en cuenta la inflación; y dinámicos que calculan el rendimiento de la inversión en términos de dinero sin considerar cuándo se generará dicho retorno, sin tener en cuenta la inflación. (Avila, 2020)

2.19. Valor FOB de artículos en inversión

El valor FOB es el valor de la mercancía puesta a bordo de un transporte marítimo, incluyendo el costo de la mercancía en el país de origen, el transporte de los bienes y los derechos de exportación. Este valor está relacionado con el uso del Incoterm FOB; utilizar el Incoterm FOB es útil en importación para controlar el flete y los costos de envío, permitiéndote elegir al transportista, decidir la ruta y calcular el tiempo de tránsito. En exportación, permite asumir solo la responsabilidad de entregar la mercancía a bordo del buque en el puerto de embarque acordado. Para calcular el precio de los productos exportados bajo FOB, como vendedor debes considerar: valor comercial de la mercancía, costos de empaquetado y etiquetado, gastos de aduana de salida y gastos dentro del puerto, como carga y estiba. (ONECORE, 2018)

2.20. Impuestos de nacionalización

Los impuestos de nacionalización son las tarifas y aranceles que se aplican a las mercancías cuando se importan a un país. Incluyen derechos de aduana, impuestos sobre el valor añadido (IVA) y otros impuestos específicos que se deben pagar para que las mercancías sean liberadas y puedan ser comercializadas o utilizadas en el país de destino.

Son importantes por varias razones:

1. Recaudación Fiscal: Generan ingresos para el gobierno que pueden ser utilizados para financiar servicios públicos y proyectos de infraestructura.
2. Protección de la Industria Nacional: Ayudan a proteger las industrias locales de la competencia extranjera al encarecer los productos importados, promoviendo el consumo de bienes producidos dentro del país.
3. Regulación del Comercio: Permiten al gobierno regular la cantidad y el tipo de mercancías que ingresan al país, asegurando que cumplan con las normas y regulaciones locales.
4. Seguridad y Salud: Facilitan la inspección y control de mercancías para garantizar que cumplan con los estándares de seguridad y salud del país, previniendo la entrada de productos peligrosos o de baja calidad.
5. Equilibrio de la Balanza Comercial: Ayudan a mantener un equilibrio en la balanza comercial del país, regulando las importaciones y evitando déficits comerciales excesivos. (Ministerio de Hacienda , 2020)

En Costa Rica, los impuestos de nacionalización para importar bienes varían según el tipo de producto. Los aranceles de importación oscilan entre el 1% y el 15% ad valorem. Además, se impone un impuesto al valor agregado (IVA) del 13% sobre la mayoría de los bienes y servicios.

2.21. Requerimiento de equipo para línea de proceso de harina de pejibaye

2.21.1. Tolvas de recepción

Las tolvas de recepción son estructuras diseñadas para recibir y almacenar materias primas o productos antes de su procesamiento o utilización en una línea de producción. Son comúnmente utilizadas en industrias como la agrícola, alimentaria, química y minera, entre otras, las tolvas de recepción pueden tener diferentes formas y tamaños según las necesidades específicas de cada proceso. (MARTINMAQ, s.f.)

Figura 20
Tolva de recepción



Nota. Adaptado Tolvas de recepción. [Figura], por MartinMAQ (S,f), (<https://www.martinmaq.com/data/pdf/tolvas-de-recepcion-serie-tri.pdf>)

Características generales:

- Estructura robusta y resistente de acero inoxidable.
- Especialmente diseñada para recibir y acumular producto directamente de camiones o volcadores.
- Banda de goma nervada de lata resistencia.
- Baberos de protección de producto.
- Bajo consumo eléctrico.
- Trampillas de inspección.
- Fácil mantenimiento y limpieza.
- Marcado CE
- Pared lateral opcional para alimentación por un solo lado.
- Posibilidad de poner patas regulables en altura. (MartinMAQ, s.f.)

Características técnicas:

Figura 21
Características Técnicas de Tolvas de recepción

	Capacidad máxima	Capacidad de almacenamiento	Medidas L, A, A	KW	Peso
TRI 6-25	5 - 10 T/h	1,5 T	2.719x1.960x1.200 mm	0,4 KW	450 Kg
TRI 6-50	15 - 25 T/h	3,5 T	4.990x1.500x1.000 mm	0,9 KW	750 Kg

Nota. Adaptado Tolvas de recepción. [Figura], por MartinMAQ (S,f), (<https://www.martinmaq.com/data/pdf/tolvas-de-recepcion-serie-tri.pdf>)

2.21.2. Elevador de cangilones de cadena:

Un elevador de cangilones de cadena es un tipo de equipo utilizado en la industria para el transporte vertical de materiales a granel, como granos, cereales, semillas, fertilizantes, minerales, entre otros; está compuesto por una serie de cangilones o recipientes unidos entre sí por una cadena que se desplaza a lo largo de una estructura vertical. (Towpack, 2022)

Figura 22

Elevador de cangilones de cadena



Nota. Adaptado Elevador de cangilones. [Figura], por Towpack (2022), (<https://www.directindustry.es/prod/zhongshan-to-u-packaging-machinery-co-ltd/product-99729-2614208.html>)

Características:

Uso previsto: para la industria agroalimentaria

Tipo: de cadena

Accionamiento: automático

Aplicaciones: para cereales, para fruta, de transporte, para productos químicos

Características técnicas:

Forma: vertical, de acero inoxidable

Altura de elevación: Mín.: 3,3 m (10'09") Máx.: 10 m (32'09") (Towpack, 2022)

2.21.3. Tinas industriales de lavado:

Las tinas industriales de lavado son equipos utilizados en diversas industrias para limpiar y descontaminar piezas, componentes, utensilios u otros objetos de gran tamaño. Estas tinas están diseñadas para manejar volúmenes significativos de agua y productos químicos, ofreciendo un proceso eficiente y efectivo de lavado y desinfección. (Zingal , s.f.)

Figura 23

Tina industrial de lavado



Nota. Adaptado Tina industrial de lavado. [Figura], por Zingal (S.f), (<https://www.grupozingal.co/producto/tanque-de-lavado-de-frutas-300-500-kg/>)

Características:

- Fabricado en lámina de acero inoxidable tipo 304 cal.18.
- Capacidad aproximada de 300 a 500kg de acuerdo al tamaño de la fruta.
- Válvula de entrada de agua para el lavado de fruta por el Sistema de riego por aspersión.
- Válvula de desagüe que facilita la limpieza y permite la eliminación de residuos.
- Capacidad de 300-500 KG.

Dimensión:

- Frente 120 cm Fondo 70 cm Alto 80 cm.

Este equipo se fabrica sobre medida y capacidad deseada. (Zingal , s.f.)

2.21.4. Marmita industrial

Una marmita industrial es un equipo de cocina utilizado en la industria alimentaria para la cocción, cocción al vapor, cocción al vacío y otros procesos de preparación de alimentos a gran escala, estas marmitas son similares a las ollas o cazuelas, pero están

diseñadas específicamente para uso industrial y pueden manejar volúmenes de alimentos mucho mayores con temperaturas controladas en tiempos determinados. (CITRUS, s.f.)

Figura 24
Marmita industrial



Nota. Adaptado Marmita Industrial. [Figura], por CITRUS (S.f), (<https://citrus.mx/producto/marmita-industrial-con-automatizacion>)

Características:

- Selección de calentamiento manual o automático
- Selección de temperatura y tiempo de calentamiento }
- Control automatizado de los agitadores y sus velocidades
- Selección directa de calentamiento con temperatura predefinidas
- Despliegue digital de la temperatura
- Sensor fabricado en acero inoxidable en contacto directo con el producto con diseño sanitario
- Pantalla digital a color
- Protección contra chorro de agua
- Con conexión a línea de vapor a 2.1 kg/cm² y pueden fabricarse para mayores presiones de acuerdo con sus necesidades (CITRUS, s.f.)

2.21.5. Deshidratador

Un deshidratador de aire caliente es un equipo utilizado para eliminar la humedad de diferentes tipos de productos o materiales mediante el uso de aire caliente, este proceso de deshidratación es comúnmente utilizado en la industria alimentaria para la producción de alimentos deshidratados como frutas, verduras, hierbas, especias, carne, entre otros. (IKE, s.f.)

Figura 25

Deshidratador de aire caliente



Nota. Adaptado de Deshidratador de aire caliente. [Figura], por IKE (S.f), (<https://es.ike.cn/wrh-100b-middle-temperature-stainless-steel-fruit-and-vegetable-dehydrator>)

Características:

Tabla 4

Características del deshidratador de aire caliente

Aspecto	Dato
Materiales	Acero inoxidable
Capacidad	20-100 kg/lote
Fuente de alimentación	220v/50Hz/60Hz
Entrada de alimentación	1.0KW
Corriente corriente	5.0A
Calentamiento rápido	1.0KW
Poder máximo	2,6 kilovatios
Cantidad de deshidratación	3,5 kg/h (a 50 °C, 80 %)
Temperatura de trabajo	50~65°C
Temperatura ambiente de trabajo	5 ~ 40 °C
Nivel de ruido	≤60dB(A)
Volumen del viento	1100m ³ /h
Dimensión de la máquina (L*W*H)	1180*690*1800mm

Tamaño de la bandeja (largo x ancho x alto) 780*540*30mm

Peso neto 160kg

Peso bruto 180 kilos

Nota. Adaptado de Deshidratador de aire caliente. [Figura], por IKE (S.f), (<https://es.ike.cn/wrh-100b-middle-temperature-stainless-steel-fruit-and-vegetable-dehydrator>)

2.21.6. Molino de martillos

Un molino de martillos es un tipo de equipo utilizado para triturar, moler o pulverizar diferentes materiales mediante el uso de martillos giratorios. Este tipo de molino es comúnmente utilizado en la industria agrícola, alimentaria, química y otras industrias para la reducción de tamaño de materiales sólidos. (CIMA, s.f.)

Figura 26

Molino de martillos



Nota. Adaptado de Molino de martillos [Figura], por CIMA (S.f), (<https://casadelalicuadoraindustrial.com/tienda/linea-procesamiento/molinos/molino-de-martillos-2hp-y-4hp/>)

Características:

Material: Acero inoxidable.

Funcionamiento: Motor 2 hp y 5 hp. Eléctrico.

Capacidad: 2 HP, 5 HP

2.21.7. Empacadora

Una empacadora de harina es un equipo utilizado en la industria alimentaria para envasar harina de forma automática y eficiente en bolsas u otros tipos de envases, estas empacadoras están diseñadas para manejar grandes volúmenes de harina y garantizar un proceso de empaque rápido, preciso y seguro. (SAMFULL, s.f.)

Figura 27
Empacadora de harina



Nota. Adaptado de Molino de martillos [Figura], por SAMFULL (S.f), (<https://www.samfulles.com/envasadora-de-harina/flour-doypack-machine.html>)

Características:

- Aspecto de acero inoxidable, operación hermosa y de alto grado, estable.
- Reemplace el empaque manual, la eficiencia de producción aumenta y el costo de producción se reduce en gran medida.
- Adopte control PLC, operación de pantalla táctil, una amplia gama de uso, establezca la velocidad de operación de acuerdo con los requisitos de capacidad de producción.
- Cambiar el tamaño de las bolsas de forma rápida y sencilla que se puede ajustar con el asa.
- Función de detección automática, la bolsa se puede reciclar si ocurre esta situación: las bolsas no se pueden abrir o abrir la bolsa incompleta, sin alimentación, sin termosellado.
- Se puede utilizar en bolsas doypack, carteras, bolsas con cierre, bolsas de cuatro lados, bolsas de tres lados, bolsas de papel, bolsas en forma de M y otras bolsas compuestas.
- Puede realizar automáticamente las funciones de bolsa de succión, impresión de la fecha, apertura de la bolsa, llenado de materiales, sellado de la bolsa, salida del producto terminado.

Opciones de bolsa:

Opciones de forma de bolsa:

1. Estuche Doypack
2. Bolsa con cremallera resellable
3. Bolsa de pie con sello cuádruple
4. Bolsa con pico
5. Bolsa con orificio para colgar
6. Otra bolsa prefabricada personalizada

2.22. Características de una ficha técnica

La especificación técnica de un producto, también conocida como ficha técnica, es un documento que establece una serie de requisitos que deben cumplir una materia prima o producto, es esencial que todo operador, ya sea un supermercado, una tienda física o en línea, esté en posesión de la ficha técnica del producto en caso de que se le requiera. Este documento de ficha técnica de productos alimenticios cumple una función al informar a clientes, consumidores y autoridades sanitarias sobre las características de un producto alimentario. (Solano, 2020)

2.23. Variables para elaboración de una ficha técnica

Una ficha técnica es un documento esencial que contiene información detallada sobre una materia prima o un producto. Debe incluir los siguientes datos:

- a. Identificación: Esto incluye el nombre comercial y, si es necesario, el nombre científico, además de la clasificación y una descripción con fotos y detalles relevantes.
- b. Condiciones mínimas de calidad: Se enumeran las características mínimas de calidad que se deben cumplir, ya sea para materia prima o producto terminado.
- c. Vida útil: El período de tiempo durante el cual el producto mantiene sus características de calidad a niveles aceptables, dependiendo de las condiciones de conservación.
- d. Tipo de envase: Se detallan las características del envase, ya sea primario, secundario o de empaque, junto con el modo de estiba.

- e. **Peso bruto/neto/volumen/unidades:** Se especifica el peso o volumen del producto junto con su unidad de medida.
- f. **Identificación/rótulo:** Incluye información de etiquetado, como lote, registros de establecimiento, leyenda de origen, recomendaciones de conservación, advertencias, fechas de elaboración y vencimiento, entre otros.
- g. **Transporte:** Detalla las condiciones de transporte, incluyendo temperaturas y condiciones higiénicas.
- h. **Descripción del producto:** Una breve descripción de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas aceptables.
- i. **Descripción del proceso:** Un resumen de las etapas clave en la elaboración del producto.
- j. **Ingredientes:** Enumera los ingredientes en orden de proporción, incluyendo alérgenos si es necesario.
- k. **Información nutricional:** Proporciona datos sobre el contenido energético y de nutrientes del producto
- l. **Uso del producto:** Indica el uso esperado y la población a la que está destinado, teniendo en cuenta restricciones dietéticas o de salud.
- m. **Instrucciones de uso:** Si es necesario, proporciona instrucciones para el manejo adecuado del producto, como almacenamiento, calentamiento, o hidratación.
(Calveyra., 2017)

Capítulo III. Metodología

Se presentan las diferentes secciones relacionadas con el marco metodológico de la investigación específicamente para la ejecución y cumplimiento de los objetivos planteados

3.1. Enfoque de la investigación

Este estudio es una investigación de tipo mixto ya que involucra elementos de investigación cualitativa y cuantitativa, dentro de esta investigación se determinaron aspectos que miden de cierto modo datos de procesamiento del pejibaye para la elaboración de harina, tales como temperatura, % de humedad, granulometría, análisis proximal, entre otras, por otra parte, los procedimientos de análisis y de interpretación, coincidieron con (US, 2021) donde menciona que centrarse en la recopilación y análisis de datos no numéricos para comprender a fondo las percepciones, experiencias y significados asociados con este producto es parte de la investigación cualitativa y su expresión de forma cuantitativa

En la investigación mixta, se adopta un enfoque que permita explorar el problema desde diversas perspectivas teóricas y conceptuales. que desempeñan un papel importante, permitiendo una comprensión más profunda y rica del fenómeno en estudio; en este estudio sobre la elaboración de harina de pejibaye, se incorporaron teorías y marcos conceptuales que aborden diversas dimensiones de la temática como generalidades de la elaboración de harina, características del pejibaye, características fisicoquímicas, así como información técnica de los equipos y mediante experimentación, por medio de pruebas de laboratorio y procesamiento en planta. Asimismo, el análisis de los resultados se llevó a cabo utilizando métodos estadísticos, así como también se realizaron comparaciones teóricas en los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica.

Para esta investigación la recolección de la información se dio por medio de revisión bibliográfica sobre el tema en general, procesos, y aspectos determinados que conlleven al resultado de este, además se adjunta por medio de la experimentación en planta piloto el desarrollo de la harina y las diferentes pruebas que se realizaron donde se aplicó análisis de varianza y comparaciones teóricas

3.2. Tipo de investigación

El estudio se basará en una investigación de tipo descriptivo, ya que se centra en la objetividad y la observación lo que se convierte en una herramienta valiosa para establecer una base sólida para futuras investigaciones y para comprender la naturaleza de los fenómenos estudiados, además, se adapta a las necesidades y objetivos planteados donde se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de procesos, objetos o cualquier otro aspecto que requiera de un análisis (Alban, 2020) en de esta investigación, será necesario plantear propuestas de diagramas de flujo de proceso para la elaboración eficaz de cada operación unitaria y así definir las características propias así como el equipo utilizado.

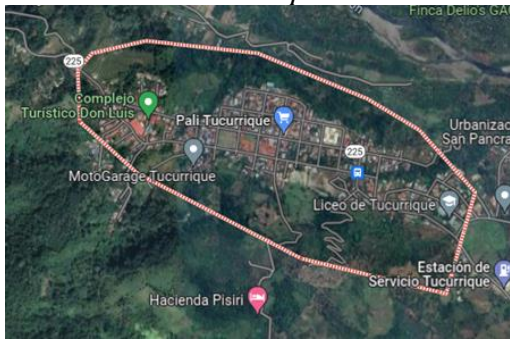
La investigación descriptiva suele ser un estudio transversal, lo que significa que se analizan diferentes secciones, los datos recopilados y analizados en esta investigación se convertirá en la base para investigaciones posteriores, los resultados pueden dar lugar a preguntas más específicas o a la identificación de áreas que requieren una investigación más profunda.

3.3. Marco espacial y temporal

La asociación de productores del cantón de Jiménez (ASPROCAJI) está ubicado en dicho cantón que abarca los distritos de Juan Viñas, Pejibaye y Tucurrique, siendo este último el lugar destino para el desarrollo del proyecto, las coordenadas de ubicación $9^{\circ}51'12.1''$ N $83^{\circ}43.364'$ O y cuenta con una altitud de 777 m.s.n.m. ahora bien, este proyecto se ejecutará entre el mes de febrero y el mes de junio del año 2024, la parte práctica y experimental se realizarán en la planta piloto de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica con sede en Cartago que presenta las coordenadas $9^{\circ}51'15''$ N $-83^{\circ}54'31''$ W y una altitud de 1592 m.s.n.m.

Figura 28

Ubicación de Tucurrique



Nota. Adaptado de Ubicación de Tucurrique. [Figura], por Google Earth (2024) (<https://www.google.com/maps/place/Tucurrique,+Provincia+de+Cartago,+Turrialba/@9.8524253,83.7328149,2783m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x8fa1282a18fab33:0x4e0fabf2d5caffb!8m2!3d9.8533028!4d-83.7212419!16s%2Fg%2F122dryh5?entry=ttu>)

Figura 29

Ubicación de planta piloto Escuela de Agronegocios



Nota. Adaptado de Ubicación de Escuela de Agronegocios. [Figura], por Google Earth (2024) (https://www.google.com/maps/place/Escuela+de+Agronegocios/@9.8544107,-83.9116863,696m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8fa0df8cee89d8bb:0xa8852975c238c9eb!8m2!3d9.8544107!4d-83.9091114!16s%2Fg%2F1hd_kmn3k!5m1!1e4?entry=ttu)

3.4. Sujetos de información

Las fuentes de información más representativas dentro de la ejecución de esta investigación corresponden directamente a productores quienes conocen el sistema de producción del pejobaye, extensionistas del MAG quienes se encargan de monitorear entre muchos aspectos el tema de la situación del cultivo y opciones de mejora, profesores quienes se encargan de la orientación y respaldo para la realización de actividades y

pruebas que se definen dentro de un proyecto y sitios web que permitan una mejor interpretación de temas en relación.

3.5.Fuentes de información

Tal y como lo menciona Acosta, (2023) La validez en la toma de decisiones es un aspecto que depende en gran medida de la calidad de la información con la que se cuenta, en este sentido, es fundamental que la recolección de la información se realice a partir de fuentes de datos confiables y verificables, la fiabilidad de los datos recopilados es esencial para garantizar que las decisiones tomadas estén respaldadas por información precisa y relevante. Las fuentes de información primaria son aquellas que contienen datos originales y de primera mano, surgidos de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Estas fuentes proporcionan información directa sin ser interpretadas ni evaluadas por terceros. Las fuentes de información secundaria son aquellas que han sido interpretadas y evaluadas por terceros después de su obtención inicial. Por último, las fuentes de información terciaria engloban la recopilación de fuentes primarias y secundarias, siendo útiles para obtener una visión general sobre un tema específico

Para esta investigación, se hizo uso de fuentes primarias y terciarias debido a la naturaleza específica del tema y los objetivos del estudio. Las fuentes primarias para obtener información original y de primera mano directamente relacionada con el tema de investigación, estas fuentes proporcionaron datos crudos, resultados de experimentos, entrevistas, encuestas u observaciones que no habían sido interpretadas o evaluadas previamente por otros investigadores.

Por otro lado, se recurrió a fuentes terciarias para complementar la información obtenida de las fuentes primarias. Las fuentes terciarias permitieron acceder a una recopilación organizada y sintetizada de información proveniente de diversas fuentes primarias y secundarias. Esto fue especialmente útil para obtener una visión general amplia y contextualizada sobre el tema de estudio, identificar tendencias, contrastar datos y confirmar la validez de los hallazgos obtenidos a partir de las fuentes primarias.

Las fuentes primarias aseguraron la autenticidad y originalidad de los datos, mientras que las fuentes terciarias proporcionaron una perspectiva amplia y respaldada por la literatura existente en el área de estudio, esta estrategia de investigación permitió generar conclusiones sólidas y fundamentadas en datos tanto específicos como contextualizados.

3.6. Variables o categorías de análisis

Siguiendo el concepto que expresa Rivas, (2015) donde menciona que, las variables representan los atributos o características que se desean examinar dentro del estudio, la correcta identificación y definición de estas variables no solo facilita la estructuración metodológica del estudio, sino que también contribuye significativamente al avance del conocimiento en el área de interés.

Ahora bien, para efectos de esta investigación se detallan algunas variables dependientes como el efecto o resultado que se mide en el experimento y se espera que cambie como resultado de la manipulación de la variable independiente las cuales pueden ser expresada como el tiempo de cocción, temperatura de cocción, temperatura de secado, tiempo de secado, tamaño de partícula entre algunas otras.

3.7. Herramientas

La recolección de datos permite a los investigadores recabar la información necesaria para analizar, interpretar y llegar a conclusiones fundamentadas, existen diversas herramientas y técnicas para recolectar datos, cada una adecuada a diferentes tipos de investigación y objetivos. Todo instrumento de recolección de datos en investigaciones científicas debe ser confiable, objetivo y que tenga validez. (Caro, s.f.)

Para esta investigación fue necesario en cada uno de los objetivos planteados utilizar herramientas tecnológicas que faciliten el acceso a la información como tal, dentro de estas herramientas se encuentran el internet, teléfono, computadoras y esto para realizar una serie de acciones como búsqueda de catálogos de equipo en páginas web, llamadas en búsqueda de información, envío de correos, revisión bibliográfica; partiendo de esta información, resultó necesario el registro en hojas, Word y Excel de manera que fueran accesibles y confiables con respecto al manejo de la información recopilada y además para controlar los datos de parámetros como masas de materias primas (g), % de humedad, tiempo (min), Aw y granulometría (μm), tiempos por etapa (min), rendimientos y demás.

3.8.Sistematización de objetivos

- 3.8.1. Establecer la línea de proceso de la harina de pejibaye para la determinación de parámetros técnicos para la elaboración industrializada de harina Pejibaye

Para la ejecución del primer objetivo se realizó una serie de pasos en pro de establecer la línea de proceso óptima del proceso, estos pasos se detallan a continuación:

1. Investigación preliminar: Se realizó una investigación sobre aspectos primarios con respecto a la materia prima, es decir, temas de calidad del pejibaye, manejo del fruto antes de someterlo al proceso, además, se investigó sobre proceso de elaboración de harina de pejibaye y se recopiló información con fuentes primarias como lo son entrevistas con productores, agricultores, visita en plantaciones, entre otros
2. Definición de parámetros técnicos: Se identificó y definió los parámetros técnicos clave que se deben medir y controlar por medio de termómetros, cronómetros, capacidad productiva, gasto energético, y aspectos afines que generen datos para elección de métodos e instrumentos durante el proceso de elaboración de la harina de pejibaye para establecer estándares de calidad, teniendo en cuenta las normativas y requisitos aplicables por medio de fuentes secundarias como documentos sobre regulaciones, manuales de procedimientos, informes técnicos de investigación sobre temas relacionados
3. Selección de equipo y tecnología: Se evaluó el proceso y se seleccionó la maquinaria, equipos y tecnología necesarios para la industrialización de la harina de pejibaye y se aseguró de que los equipos cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.
4. Diseño del proceso: Se diseñó el flujo de proceso industrializado para la elaboración de la harina de pejibaye, considerando la secuencia de operaciones, tiempos y temperaturas además de establecer protocolos de trabajo para garantizar la consistencia y calidad del producto final, para esto se utilizaron herramientas como libros de Excel que permitan la distribución u organización del proceso.
5. Pruebas en planta piloto: Se realizaron pruebas piloto del proceso para ajustar y optimizar los parámetros técnicos, documentar los resultados, realizar modificaciones según sea necesario dentro de los equipos a utilizar se encuentra, la cocina de gas, o mermita, el horno de secado, y con ello las plantillas que utiliza

el horno, la cámara de frío en caso que deba guardar materia prima cocida, el molino de martillo, además del uso de bolsas, selladora y utensilios relacionados a peso como romanas, marcadores entre otros.

6. Registro y documentación: Mantener registros ya preparados en procesos mencionados anteriormente y detallados de las operaciones y mediciones realizadas en la línea de proceso y documentar cualquier desviación o problema y tomar medidas correctivas.

3.8.2. Determinar el monto de la inversión de equipamiento para una planta de producción de harina Pejibaye.

En esta fase, se partió del diagrama de flujo de proceso propuesto en el primer objetivo, basándose en él, se creó una ficha de proceso para la planta piloto agroindustrial, sirviendo como herramienta para documentar y luego analizar los parámetros teóricos relacionados con el proceso. Este análisis incluyó variables como las masas iniciales y finales para calcular los rendimientos en cada etapa del proceso, así como las temperaturas y tiempos empleados en los procesos de cocción, la actividad de agua (Aw) y el porcentaje de humedad final en las muestras de harina de cada.

1. Recopilación de Información: Se evaluó primeramente la información resultante del primer objetivo, donde se obtuvo información detallada sobre los equipos y suministros necesarios para con esto reunir datos sobre los costos de adquisición de la materia prima (Pejibaye), costos de producción, costos de mano de obra y otros gastos relacionados con el proceso y así dictaminar el costo que se debe incurrir en el proceso.
2. Costos de Inversión Inicial: Se realizaron cotizaciones en diferentes casas comerciales destinadas a la comercialización o fabricación de equipo industrial referentes al equipo utilizado para determinar los costos de inversión inicial necesarios para establecer la línea de procesamiento, esto incluye la compra de maquinaria, equipos, infraestructura, y otros activos fijos, así como contemplar los gastos que genera el proceso.
3. Aspectos técnicos: Se determinaron los insumos operativos, suministros, energía eléctrica, gastos de mantenimiento, y cualquier otro aspecto necesario para el funcionamiento diario por medio de información que brindan entidades encargadas de electricidad, agua o bien boletines de precios como PIMA

CENADA para determinar precios, otro punto es el corroborar tiempos en lo que se desarrolló en el objetivo 1 para asumir como costo dentro de.

Para detallar el proceso de definir la inversión inicial se consta de:

- a. Identificación de Necesidades
 - Análisis de Requerimientos: Se evaluó qué equipos son necesarios para las operaciones de la empresa.
 - Especificaciones Técnicas: Se definió las características técnicas de cada equipo, considerando la capacidad, tamaño, eficiencia y tecnología.
- b. Investigación de Mercado
 - Búsqueda de Proveedores: Se identificó proveedores potenciales que ofrezcan los equipos requeridos.
 - Comparación de Precios: Se comparó los precios entre diferentes proveedores, considerando calidad y garantías.

Para el desarrollo de las pruebas como tal, se recibió la materia prima la cual se seleccionó de manera que no hayan dañados ni muy maduros, en esta etapa se pesa la materia inicial y la materia final para obtener un rendimiento por etapa, ahora bien, una vez seleccionado el pejibaye adecuado se pasa a una tina para ser lavado y eliminar resto orgánicos, una vez lavados se procedió a la desinfección la cual se aplicó Hipoclorito de Sodio NaClO a 50 ppm por 5 minutos.

Seguidamente, se realizó un tratamiento térmico (cocción) en una marmita a 95°C por 45 minutos, hasta alcanzar una temperatura interna del pejibaye de aproximadamente 70°C; una vez concluida esta etapa se traslada la materia prima hacia un recipiente plástico para alcanzar la temperatura ambiente, ahora bien, de manera manual y con el uso de cuchillos se procede a eliminar el pedúnculo y semilla de los pejibayes haciendo cortes verticales sobre la fruta.

Como tercer punto, se procedió a someter los pejibayes a un procesador de alimento para disminuir el tamaño de partícula y así favorecer su secado; cabe destacar que por cada etapa se realiza un pesado inicial y final para expresar rendimientos por etapa y rendimiento del proceso.

Una vez trocada la materia prima se procedió a encender el secador de aire caliente el cual consta de bandejas metálicas donde se colocó de manera dispersa el pejibaye donde

permaneció durante 3 horas en monitoreo durante 8 horas para determinar el peso por cada hora transcurrida y así se determinó la curva de secado del proceso.

En la etapa de molienda del grano para la obtención de harina, se hizo uso de un molino de martillos de acero inoxidable disponible en planta piloto agroindustrial. Una vez finalizado el proceso de molienda, con una balanza digital se determinó la masa (g) final de la harina para obtener el % de rendimiento y con ayuda de tamices se midió la granulometría y la masa de la harina resultante en cada uno de los tamices, con las siguientes especificaciones 850µm, 425 µm, 300 µm, 250 µm, 150 µm respectivamente y la masa (g) residual del “piso” de los tamices.

Para expresar el rendimiento general del proceso se determinó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimeinto} = \frac{\text{Masa final}}{\text{Masa inicial}} * 100 \quad 4$$

3.8.3. Evaluar las características fisicoquímicas de la harina de pejibaye para el desarrollo de una ficha técnica del producto.

Para este tercer objetivo se realizó una caracterización de la harina de modo que permita la ejecución de una ficha técnica sobre el producto como tal, se realizaron pruebas fisicoquímicas como lo son: análisis de contenido de: % Humedad, Aw, % Grasa Bruta, % Fibra cruda, % Proteínas, %Cenizas, %ELN, pH, y color. Cada prueba se realizó por triplicado, se registró el valor promedio resultante, así como el intervalo de confianza para el reporte de resultados.

A continuación, se agregan cada uno de los procedimientos realizados:

1. Determinación del contenido de humedad (%)

La determinación del contenido de humedad se realizó por medio del método de estufa, en el cual se utilizaron los siguientes materiales:

- Balanza Analítica - Espátula acanalada - Desecador
- Estufa - Pinzas

Con respecto al procedimiento:

Se procedió a pesar individualmente cada cápsula de aluminio después de haber sido limpiada y secada. Se realizó una tara para obtener el peso de la cápsula de aluminio sin contenido y posteriormente se añadió aproximadamente 1 gramo de harina de pejibaye a cada una de ellas.

Las cápsulas con la harina fueron colocadas en una estufa a una temperatura constante de 105°C durante un periodo de 24 horas. Después de este tiempo, las cápsulas se retiraron de la estufa y se introdujeron en un desecador para enfriarlas hasta alcanzar la temperatura ambiente, una vez enfriadas, se procedió a pesar nuevamente cada cápsula de aluminio junto con la muestra de harina para determinar su peso total.

Para el cálculo del % de Humedad se utilizó como referencia la ecuación 1, incluyendo algunos cambios sobre las variables, la ecuación resultante es la siguiente

$$\%H_2O = \frac{(X2 - X3)}{X1} * 100 \quad 5$$

Donde:

X1: Peso de la muestra (g)

X2: Peso de la muestra húmeda (g)

X3: Peso de la muestra seca (g)

2. Determinación de la actividad el agua (Aw)

La determinación de la actividad del agua se realizó por medio de medición del Aqualab, en el cual se utilizaron los siguientes materiales:

- Espátula acanalada
- Aqualab
- Cápsulas de plástico
- Pinzas

Con respecto al procedimiento:

Se introdujo una porción de harina de pejibaye sobre una cápsula de plástico previamente limpiada y seca, garantizando una cobertura completa en el fondo de la cápsula. Luego, la cápsula se colocó en el equipo Aqualab para realizar la medición, una vez completada la medición, se registró la información obtenida.

3. Determinación del contenido de grasa brutas (%)

La determinación del contenido de grasa bruta se realizó haciendo uso del extractor de grasa ANKOM XT10, para la realización de este procedimiento se hizo uso de los siguientes materiales:

- Guantes de látex
- Lápiz de grafito
- Bolsas de filtro ANKOM XT4
- Balanza analítica
- Selladora de calor
- Espátula acanalada
- Extractor de grasa ANKOM XT10
- Pinzas
- Desecador
- Estufa
- Benzina

Con respecto al procedimiento:

Primero se etiquetó cada bolsa de filtro para su identificación, luego se utilizó una balanza analítica para medir la masa de cada bolsa vacía.

Luego, se añadieron 2 gramos de muestra de harina a cada bolsa filtro, y esta cantidad se midió utilizando una balanza analítica, una vez que la muestra estuvo dentro de la bolsa filtro, se selló utilizando la selladora de calor.

Después de sellar cada bolsa filtro con la muestra de harina, se colocó en una estufa durante 24 horas para eliminar la humedad de las muestras, manteniendo la temperatura constante a 105°C, una vez pasado este tiempo, se retiraron las bolsas filtro de la estufa y se introdujeron rápidamente en el desecador para enfriarlas a temperatura ambiente. Luego, se determinó la masa final de cada muestra utilizando una balanza analítica.

Para la extracción de grasa: En ANKOM XT10

Cada bolsa filtro con la muestra se colocó en el soporte metálico y luego se introdujo en la cápsula de teflón, posteriormente, se agregaron 350 ml de Éter de petróleo (disolvente) en la cápsula de teflón. El recipiente con las muestras en la cápsula de teflón se introdujo en el ANKOM XT10 para comenzar el proceso de extracción, se configuró el tiempo de extracción a 60 minutos a una temperatura de 70°C.

Después de finalizar la extracción, se verificó que la presión interna del equipo fuera cero, luego, se levantó el mango principal para abrir el recipiente y se extrajeron cada una de las muestras. Estas muestras se introdujeron en una estufa durante 15 minutos para eliminar cualquier residuo de disolvente impregnado en la bolsa filtro con la muestra. Posteriormente, se colocaron las muestras en un desecador para enfriar y se determinó la masa total de la bolsa filtro junto con la muestra

Para el resultado se utilizó la diferencia de masa y se expone en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Grsas bruta} = \frac{(X2 - X3)}{X1} * 100$$

6

Donde:

X1: Masa de la muestra húmeda más bolsa (g)

X2: Masa de la muestra seca más bolsa (g)

X3: Masa de la muestra seca residual más bolsa (g)

4. Determinación del contenido de Fibra

La determinación del contenido de fibra bruta se realizó haciendo uso equipo ANKOM Delta, para la realización de este procedimiento se hizo uso de los siguientes materiales:

- Bolsas filtro F57 ANKOM
- Balanza analítica
- Selladora de calor
- Espátula acanalada
- Beaker
- Analizador de fibra ANKOM DELTA
- Lápiz de grafito
- Crisoles de porcelana
- Mufla de incineración

Al inicio, se asignó un número a cada bolsa filtro F57 y se midió el peso de cada bolsa vacía utilizando una balanza analítica, posteriormente, se sellaron dos de las bolsas vacías para emplearlas como muestras en blanco.

Luego se utilizó una balanza analítica para medir 1 gramo de cada muestra, el cual fue agregado a cada bolsa filtro. Después de incluir la muestra en cada bolsa filtro, se procedió a sellarlas.

Para el proceso de desengrasado de las muestras, cada una fue colocada dentro de un recipiente tipo beaker y se añadió éter de petróleo hasta cubrirlas por completo. Las muestras se dejaron en remojo durante 10 minutos, luego se descartó el éter de petróleo. Posteriormente, cada muestra fue transferida a una bandeja plástica para facilitar la evaporación del solvente.

Para la extracción de fibra utilizando el analizador ANKOM DELTA, se procedió de la siguiente manera: se colocaron las muestras en el soporte del equipo, se encendió el aparato y se inició el ciclo de extracción. Al concluir el proceso, indicado por el equipo, se retiraron las muestras y se colocaron en un vaso de precipitados para drenar el exceso

de agua retenida en las bolsas filtro, posteriormente, se vertió acetona sobre las bolsas filtro hasta que quedaron completamente sumergidas, dejándolas en este estado por 5 minutos. luego, se retiraron las bolsas del líquido y se dispusieron sobre una bandeja, facilitando así la evaporación de la acetona.

Cada muestra se colocó en una estufa regulada a una temperatura de 102°C y se dejó durante dos horas; finalizado este periodo, se transfirió cada muestra a una bolsa conteniendo desecante, y luego se introdujo en un desecador de muestras por 15 minutos para permitir que se enfriaran, posteriormente, se empleó una balanza analítica para determinar el peso de las bolsas filtro.

Para el resultado se expone la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{100 * (X_3 - (X_1 * C_1))}{X_2} \quad 7$$

Donde:

X1: Masa de la bolsa vacía (g)

X2: Masa de la muestra (g)

X3: Masa de la materia orgánica (g) (pérdida de masa por calcinación de la bolsa y la muestra)

C1: Factor del blanco

Para determinar el blanco se utilizó la siguiente ecuación:

$$C1 = \frac{\text{Promedio de la pérdida de masa al calcinar las bolsas del blanco}}{\text{Masa inicial de las bolsas del blanco}} \quad 8$$

5. Determinación del contenido de proteínas

La determinación del contenido de proteína se realizó haciendo uso método de Micro Kjeldahl, para la realización de este procedimiento se hizo uso de los siguientes materiales:

c. Beakers

d. Sulfato de Sodio (Na_2SO_4)

- | | |
|---|--|
| e. Probetas de 50 mL | f. Sulfato de Cobre Pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) |
| g. Equipo Kjeldahl (Digestor, Neutralizador, Destilador). | h. Balanza analítica |
| i. Solución de NaOH al 50% | j. Capilla de gases |
| k. Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98% | l. Probetas |
| m. Ácido bórico (H_3BO_3) al 4% | n. Espátula acanalada |

Con respecto al procedimiento:

Inicialmente, se midieron 0.4 g de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y 3.58 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4), añadiéndolos a cada uno de los tubos de digestión, luego, se introdujo cerca de 1 g de muestra de cada tipo de harina y 20 ml de ácido sulfúrico al 98% en cada tubo de digestión.

Seguidamente, se llevó a cabo el proceso de digestión por un periodo aproximado de 1 hora y 30 minutos, asegurándose de que las muestras en los matraces experimentaran un cambio de color a azul verdoso.

Después de que las muestras cambiaron de color, se permitió que los matraces se enfriaran hasta que se detuviera la emisión de gases, se añadieron 100 ml de agua destilada a cada tubo para facilitar el enfriamiento y evitar la cristalización de la muestra.

Una vez completada la etapa de digestión, se inició el proceso de destilación en donde se introdujo hidróxido de sodio (NaOH) al 50% para neutralizar el pH de las muestras. Además, se preparó un Erlenmeyer con 50 ml de ácido bórico (H_3BO_3) al 4% y se añadieron de 6 a 7 gotas del indicador Tashiro

Durante la fase de titulación, se introdujo ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98% con una normalidad de $0.1021 \pm 0.0207\text{N}$ en cada Erlenmeyer hasta observar un cambio de color de turquesa a violeta. Se registró el volumen de ácido consumido por cada muestra para alcanzar este cambio de color, lo cual fue esencial para determinar el porcentaje de nitrógeno presente.

Para el cálculo del % porcentaje de nitrógeno se expresa la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \left[\frac{(X_1 - X_2) * N * (0,014)}{V_2} \right] * 100 \quad 9$$

Donde:

X1: Volumen (ml) de la solución de (H₂SO₄) al 98% requerido para la prueba del blanco.

X2: Volumen (ml) de la solución de (H₂SO₄) al 98% para cada muestra

N: Normalidad de (H₂SO₄)

Constante: 0.014

V2: Masa agregada en el matraz.

Para el cálculo del % de proteína se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Proteína} = N * 6,25 \quad 10$$

6. Determinación del contenido de cenizas

Para la determinación de % cenizas, se tomó la metodología para análisis proximal, para este procedimiento se hizo uso de los siguientes materiales:

- Crisol de porcelana
- Espátula acanalada
- Cedazo de asbesto
- Mecheros
- Desecador
- Base metálica
- Balanza analítica
- Mufla
- Pinzas

Con respecto al procedimiento:

Se determinó el peso de los crisoles de porcelana, los cuales habían sido secados previamente, y se agregaron 5 gramos de muestra seca de harina de maíz a cada uno.

Cada crisol se posicionó en una base metálica para incinerar completamente las muestras de harina. Posteriormente, se colocó cada crisol dentro de la mufla y se calcinó la muestra a una temperatura que varió entre 550°C y 600°C durante un periodo de 12 horas. Una vez transcurrido este tiempo, cada crisol con la muestra calcinada se introdujo en un desecador para enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Para la determinación del % Ceniza se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Ceniza} = 100 \left(\frac{A - B}{C} \right) \quad 11$$

Donde:

A: Masa del crisol con muestra (g)

B: Masa del crisol con ceniza (g)

C: Masa de la muestra (g)

7. Determinación del contenido de Extracto Libre de Nitrógeno

Para la obtención de la aproximación del contenido de carbohidratos presente en cada una de las muestras de harina, para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ELN} = 100 - (A + B + C + D + E) \quad 12$$

Donde:

A: % Humedad

B: % Grasa bruta

C: % Fibra cruda

D: % Proteína

E: % Cenizas

8. Determinación de pH

Para la determinación del pH se debió hacer una solución 50:50 de harina de pejibaye y agua, para este proceso se utilizaron los siguientes materiales:

- pHmetro OAKTON pH 700 75
- Soluciones Buffer para calibración: 4.0 ,7.0, 10.0
- Espátula acanalada
- Balanza analítica
- Beaker
- Piseta
- Agua destilada

Con respecto al procedimiento:

Se calibró el pHmetro, según el manual de calibración del equipo OAKTON pH 700 MANUALZZ (2022):

Se procedió a presionar la tecla MODE y luego se seleccionó la opción de medición de pH. Posteriormente, se sumergieron el electrodo y la sonda de temperatura ATC en el buffer de pH y se activó la función de calibración al pulsar la tecla CAL/MEAS. Una vez que la pantalla mostró la palabra READY, se confirmó la calibración al presionar la tecla ENTER. Después de completar este proceso con la primera solución buffer, se enjuagaron el electrodo y la sonda de temperatura con agua destilada, se secaron y se sumergieron

nuevamente en la siguiente solución buffer. Se repitió el mismo procedimiento para cada una de las soluciones.

Para realizar la medición se sumergió el electrodo y la sonda de temperatura en el beaker que contenía la harina suspendida.

9. Determinación de color

Para la determinación del color fueron necesarios el uso de los siguientes materiales:

- o. Capsulas de plástico - Espátula acanalada -Colorímetro ColorTec-PCM

Con respecto al procedimiento:

Se colocaron tres cápsulas para analizar por triplicado, asegurándose de que la harina cubriera uniformemente el fondo de la cápsula y que la superficie fuera lo más homogénea posible.

Se utilizó el colorímetro ColorTec-PMC para realizar la medición. Se acercó el lente del colorímetro a la muestra sin tocarla, se activó el botón de medición y se registraron los datos de las coordenadas L^* , a^* y b^* .

Se calculó la diferencia de color (ΔL^*), (Δa^*), (Δb^* por medio de la siguiente ecuación:

10. Determinación de vitaminas liposolubles y carotenoides

Para la determinación de vitaminas liposolubles y carotenoides se realizó una cotización en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la UCR CITA donde se enviaron dos muestras de 100 gramos y se analizó el resultado obtenido sobre el contenido de carotenoides totales y contenido de vitaminas liposolubles.

Capítulo IV. Resultados y Discusión de Resultados

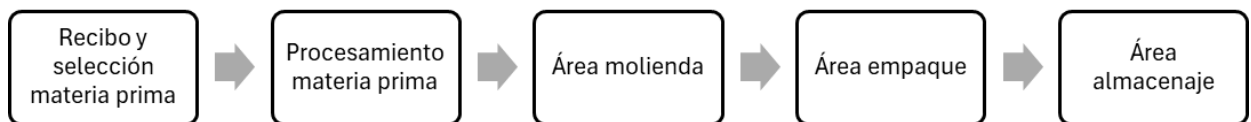
4.1. Establecer la línea de proceso de la harina de pejibaye para la determinación de parámetros técnicos para la elaboración industrializada de harina Pejibaye

Para la ejecución de este objetivo, se llevó a cabo una inspección del equipo y del trayecto aproximado que debe tener una línea de proceso relacionada con la harina de pejibaye. Como primer paso, se formuló una propuesta de esquema sobre el espacio físico que debe tener dicha línea de proceso.

4.1.1. Área de proceso

Figura 30

Diagrama de área de proceso



El fin principal de diseñar el área de proceso es definir el cronograma paso a paso de como se va a desarrollar la línea de proceso y como debe ejecutarse para cada área en específico, coincide con lo propuesto por González, (s.f) donde menciona que “El objetivo del diseño de procesos es encontrar una manera de producir bienes que cumplan con los requerimientos de los clientes, especificaciones del producto dentro del costo y otras restricciones administrativas” (González, s.f.)

4.1.2. Propuesta de diagrama de flujo de proceso

Se realizaron dos diagramas de flujo de proceso, en la siguiente figura se detalla la continuidad con base a la simbología del orden secuencial de los procesos para la obtención de harina de pejibaye, en esta primer propuesta se detallan todas las operaciones unitarias destinadas con respecto al proceso.

Como se logra observar en la siguiente figura, cada una de las actividades realizadas se clasifican según la simbología descrita por ISO (2015), para la elaboración de harina de pejibaye es necesario controlar variables como la masa (g), temperatura (T°C), humedad (%) y granulometría (μm) para el aseguramiento de la calidad, la inocuidad y la funcionalidad a la cual se destina el producto que es procesado y además para calcular rendimientos descritos en el proceso.

Figura 31

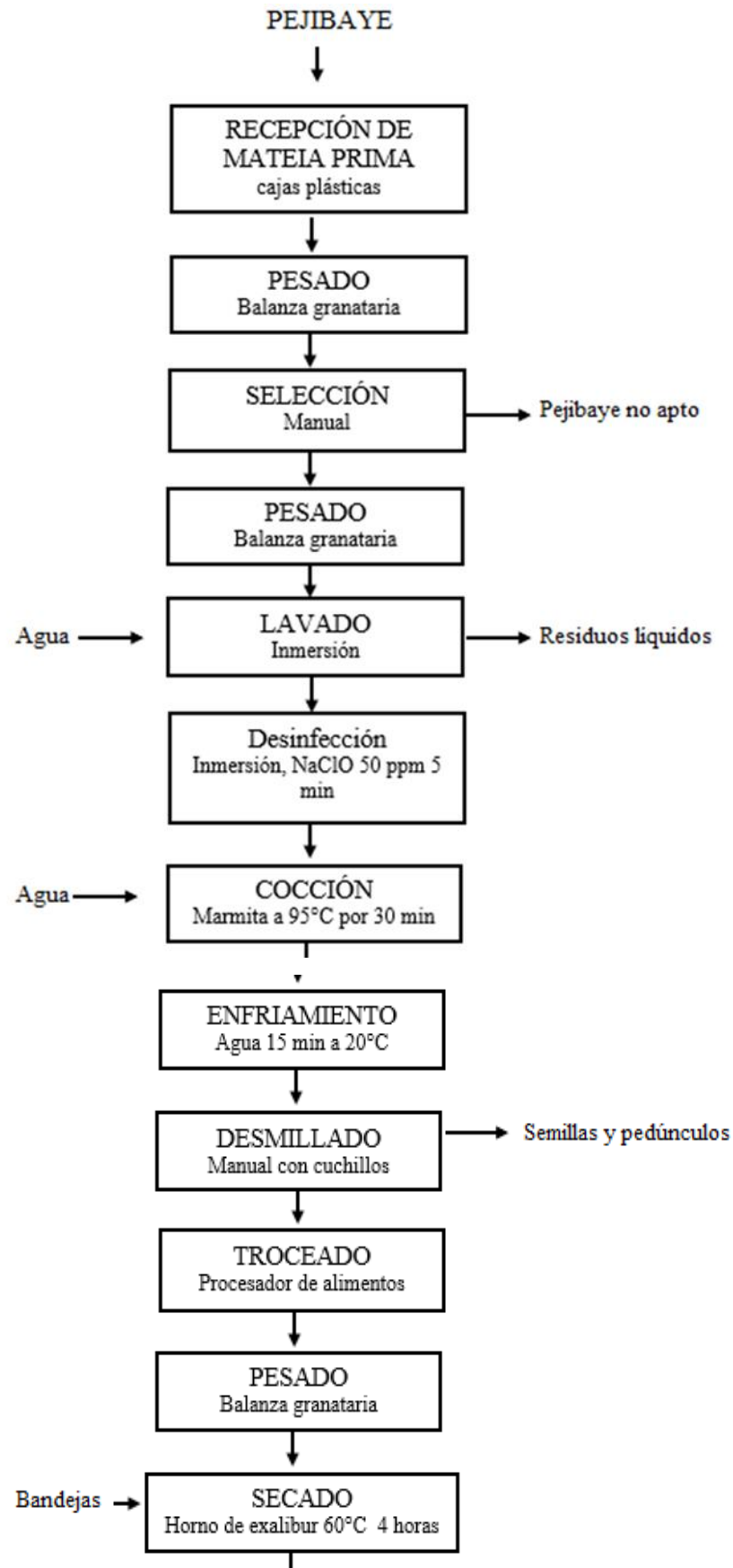
Propuesta #1 de diagrama de proceso para elaboración de harina de pejibaye

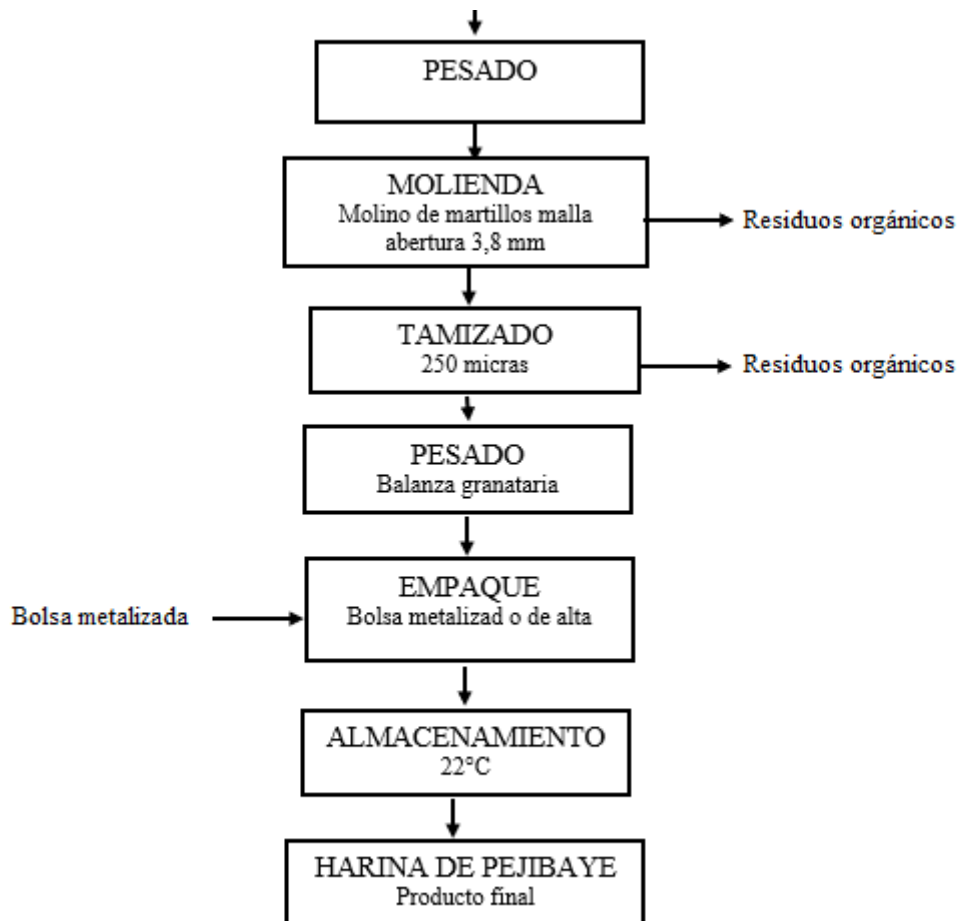
Diagrama de flujo de proceso						
Actividad: Elaboración de Harina de Pejibaye						
Método: propuesto						
Elaborado por: Didier Peñaranda Solano						
Descripción	▽	○	◻	△	→	□
Recepción	★					
Lavado y desinfección	★					
Cocción		★				
Control de T° y Masa (g)						★
Desmillado		★				
Troceado		★				
Control de masa (g)						★
Deshidratado		★				
Molinada		★				
Control de % H2O, T°C y Tiempo (min)						★
Tamizado		★				
Control de granulometría						★
Empacado	★					
Transporte a bodega almacenaje					★	
Control cantidad (unidades)						★
Total de operaciones	3	6	0	0	1	5

En la figura 32 se destaca la operación en conjunto con el punto de control que se debe manejar dentro del proceso como tal y de manera más específica, esta propuesta de diagrama de flujo se realizó como tratamientos experimentales en la planta piloto agroindustrial de la escuela de ingeniería en agronegocios del Tecnológico de Costa Rica.

Figura 32

Propuesta #2 de diagrama de proceso en la elaboración de harina de pejibaye





Las propuestas de diagramas de flujo de proceso han simplificado el procesamiento y control de variables para obtener la harina de peji-baye como producto final. Estos diagramas presentan la información de manera gráfica, clara, ordenada y concisa, lo que ha facilitado la identificación de lugares y posiciones donde se pueden recopilar y analizar datos adicionales.

Con respecto a las operaciones unitarias se detalla las condiciones necesarias y el equipo para el desarrollo final del producto:

1. Recepción de materia prima: La recepción de materia prima tal y como lo expresa la figura 32 es la primera operación que se debe realizar, esta se hace en cajas plásticas de aproximadamente de 40 kilogramos, seguido a esto se realiza un pesaje total sobre la materia prima que ingresa y se hace un registro del lote según la fecha de recepción
2. Pesado: El pesado se realiza cada vez que se procede a una operación en conjunto, en la figura 32 se muestra a detalle que el pesado cumple con la función de medir

los rendimientos por etapa ya que se hace un monitoreo para medir las masas que ingresan y salen dentro de cada etapa unitaria.

3. Selección: Una vez que se hace el pesado, se realiza una selección de la materia prima, para este se debe contar con una mesa de acero inoxidable que facilite el proceso, en la selección se eliminan los pejibayes que vengan dañados o que no cumplan con las características deseadas para ingresar al proceso, además en esta etapa se da el despigado de los pejibayes para separarlos de los racimos.
4. Lavado: El lavado se realiza en una tina que permita sumergir los pejibayes en agua con la intención de eliminar restos orgánicos no deseados o bien suciedad que se encuentre, en esta etapa se cumple con la inspección visual de que la fruta valla lo más limpia posible a la etapa de desinfección
5. Desinfección: La desinfección se realiza en la tolva de recepción, donde se hace una disolución de agua con hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm por un tiempo máximo de 5 minutos, con esto se eliminan microorganismos y se mantiene la higiene, esta etapa es de suma importancia para el proceso de producción de harina de pejibaye.
6. Cocción: La cocción se realiza en una marmita a 95°C durante 30 minutos donde este proceso térmico ayuda a eliminar posibles contaminantes biológicos y a estabilizar la actividad enzimática, prolongando así la vida útil del producto. Es importante mencionar que se debe monitorear constantemente la temperatura y el tiempo de cocción es por esto por lo que la marmita utilizada debe estar correctamente calibrada y equipada con sistemas de control para garantizar un proceso de cocción uniforme y controlado en todo momento.
7. Enfriamiento: Esta etapa unitaria se realiza una vez terminada la etapa de cocción, en esta etapa se realiza en agua a temperatura ambiente, en esta se traslada los pejibayes cocidos de la marmita hacia una tina con agua donde se dejan reposar por 15 minutos para asegurar la manipulación de estos en la siguiente operación de desmillado
8. Desmillado: Una vez que haya enfriado los pejibayes cocidos, se realiza el desmillado que consiste, con la utilización de cuchillos y tablas y de manera manual, cortar de manera longitudinal el pejibaye para extraer la semilla y pedúnculos restantes, cabe destacar que antes de esta operación y al finalizarla se debe hacer pesaje de materia prima para optimizar el rendimiento

9. Troceado: Esta etapa consiste en disminuir el tamaño de partícula del pejibaye para así facilitar el secado, se realiza por medio del procesador de alimentos o despulpador para hacer masa homogénea y que sea de fácil secado, otra manera de realizarlo es de manera manual troceando el pejibaye en cuadros pequeños, sin embargo, la duración de esta etapa es mayor.
10. Secado: El secado se realiza una vez finalice el procesado de alimentos, este secado se realiza en el deshidratador Excalibur a una temperatura de 60°C por 4 horas de tiempo, la finalidad es eliminar la mayor cantidad de humedad y cumplir con el estándar de calidad el cuál se establece que la humedad debe ser menor a 10%
11. Molienda: La molienda se realiza en molino de martillo con una malla de apertura de 3,8 mm, la finalidad es hacer del troceado de pejibaye el menor tamaño de partícula posible.
12. Tamizado: El tamizado determina el tamaño de partícula por medio del tamiz según la malla correspondiente,
13. Empaque: Para el empaque se utiliza una empacadora automática, que facilita la labor de manera automática según el peso, se empaca en bolsas de alta densidad o bolsa metalizada
14. Almacenamiento: Para el almacenaje se utilizan estantes de acero inoxidable, completamente secos y de fácil manipulación para poder mantener condiciones de ambiente para la harina.

4.1.3. Control de Temperatura en la etapa de cocción

En la etapa de cocción se mantuvo un registro sobre las temperaturas alcanzadas, cada muestra se registró cada 10 minutos, y se aplicó el control de temperatura para el agua y el pejibaye en su interior, por cada 10 minutos se extrajeron 3 pejibayes y se introdujo el termómetro para realizar por medio de triplicado el promedio de temperatura alcanzado. En la siguiente tabla se detalla lo antes mencionado, se llevó hasta 86,6°C el pejibaye en su interior para ese punto ya habían pasado 72 minutos de cocción.

Tabla 5
Control de temperatura de cocción

Tiempo (min)	T del agua (°C)	T Interno del pejibaye (°C)
0	22	24
10	88,2	49,3
20	88,3	76,7
30	95	88,1

Como se observa en la tabla anterior, las temperaturas y tiempos dados para la etapa de cocción del pejibaye varían en promedio de 10 minutos, la cocción se realizó en una marmita a 95°C por 30 minutos, esto considerando llegar a aproximadamente 88°C en la parte interna de la fruta. La consideración del tiempo y temperatura del pejibaye se hace por medio de que, según la literatura, el pejibaye presenta inhibidores de tripsina y cristales de oxalato según son factores anti nutricionales, los cuales para ser inactivados según lo realizado por se necesita una temperatura mayor a los 80°C por un tiempo determinado (Caicedo, 2012)

4.2. Determinar el monto de la inversión de equipamiento para una planta de producción de harina Pejibaye

4.2.1. Producción estimada

Para determinar el equipo necesario para la elaboración de la harina de pejibaye es necesario conocer la cantidad de materia prima que se destinaria por día para el objetivo final, en este caso se utilizó una finca estándar ubicada en Tucurrique, dicha finca posee una extensión de 10 hectáreas y la producción total de Tucurrique es de 80,5 hectáreas los dato de producción se presentan a continuación

Tabla 6
Producción estimada de pejibaye en Tucurrique

Descripción	Producción total		Primera calidad		Segunda calidad		Tercera calidad	
	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)	(kg/año)
	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo
Finca muestral	71 100	4 290	28 440	1 716	35 550	2 145	7 110	429
Producción local	572 355	34 535	228 942	13 814	286 178	17 267	57 236	3 453

En la **Tabla 6** se muestra el resumen de producción que se da en Tucurrique estos datos corresponden a la cosecha de dos periodos al año, la materia prima se divide en un 40% primera calidad que es destinada al comercio en fresco, 50% que corresponde a la segunda calidad y un 10% que corresponde a la tercera calidad; para fines dedicados a la harina se trabaja con la segunda calidad y tercera calidad.

Ahora bien, es necesario considerar que la mayoría de los productores de pejibaye poseen fincas en otras zonas del país y que en su defecto se hizo una estimación de la producción la cual se muestra en la siguiente tabla

Tabla 7

Estimación de producción de pejibaye en zonas de Costa Rica

Descripción	Producción total		Primera calidad		Segunda calidad		Tercera calidad	
	(kg/año)		(kg/año)		(kg/año)		(kg/año)	
	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo
Otras zonas	1 880 595	113 471	752 238	45 388	940 298	56 735	188 060	11 347

Según datos obtenidos en la extensión del MAG de Tucurrique la producción en otras zonas radica en una extensión de aproximadamente 265 hectáreas cultivadas de Pejibaye, además por ha se produce en una escenario positivo 7,11 toneladas por hectárea y un escenario negativo 0.429 toneladas por hectárea

Por otra parte, teniendo en cuenta los datos de producción se utilizó un porcentaje para determinar lo que se considera como segunda calidad, este porcentaje resulto de entrevistas a 6 productores, se procede en la siguiente tabla a describir la materia prima que se utilizará para elaboración de harina y cotización de equipo

Tabla 8

Materia prima estimada para elaboración de harina

Zona	Cantidad total		Destinado para		Materia prima		Estimación	
	(kg/año)		harina (kg/año)		disponible por día		(kg/día)	
	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo	Escenario positivo	Escenario Negativo
Tucurrique	572 355	34 535	286 178	17 267	784	47	297,94	17,98
Otras zonas	1 880 595	113 471	940 298	56 735	2 576	155	978,94	59,07

En la **Tabla 8** se muestra la materia prima estimada para producción de harina de pejibaye, para estos escenarios el más probable es el positivo, ya que de los índices de producción por hectárea son altos; con la información anterior se realiza una cotización de equipo contemplando los escenarios positivos en ambos caso para la producción local

y para la producción general en caso, la calidad de materia prima destinada para harina de pejibaye es la segunda y tercera, específicamente el 50% y el 10% según corresponda

4.2.2. Determinación de inversión de equipo

Se realizó una búsqueda integrada para los equipos necesarios con respecto al proceso, dicha búsqueda se referencio por sitios web que alimentan la descripción de los equipos y también en catálogos donde se visualiza el equipo más detallado y con características propias

Tabla 9

Características del equipo utilizado en la línea de proceso

Operación unitaria	Equipos necesarios	Descripción
Recepción de materia prima	Elevador de cangilones	Elevador de cangilones de 6" para cargar la tina de cocción. Incluye tolva de carga reforzada, motor eléctrico de 3 HP,
Pesado	Balanza granataria	Báscula de acero inoxidable, que pesa 150 libras, Diseñada para facilitar las operaciones de recepción cuenta con una pantalla iluminada que asegura una lectura rápida y clara incluso en condiciones de poca luz. Equipada con ruedas, se puede mover de un lugar a otro con el mínimo esfuerzo, además, su batería recargable ofrece hasta 150 horas de autonomía, asegurando una operatividad prolongada y eficiente.
Lavado	Tolvas de recepción	En cuanto a sus especificaciones técnicas, el modelo TRI 6-25 tiene una capacidad máxima de 5 a 10 toneladas por hora, con una capacidad de almacenamiento de 1,5 toneladas. Sus medidas son 2.719x1.960x1.200 mm, con un consumo energético de 0,4 KW y un peso de 450 Kg. El

		<p>modelo TRI 6-50, por otro lado, puede manejar de 15 a 25 toneladas por hora, almacena hasta 3,5 toneladas, y mide 4.990x1.500x1.000 mm, consumiendo 0,9 KW y pesando 750 Kg.</p>
Cocción	Marmita industrial	<p>La marmita industrial se compone de diversos elementos como la caldera, el soporte, la rueda de turbina y la propia turbina, capacidad para girar 180°, están fabricadas en acero inoxidable de las calidades SUS304 o SS316L. La marmita está disponible en volúmenes que van desde los 50L hasta los 1000L, y puede ser personalizada según las necesidades específicas, con una rugosidad menor a 0.4 micrómetros,</p>
Deshidratado	Horno aire caliente	<p>El horno de secado de la serie GXBE, con SKU B-01-29-0001-0700, capacidad de 30 litros y está construido con un cuerpo de acero inoxidable SUS304, conocido por su durabilidad y resistencia a la corrosión, sistema de circulación de aire horizontal y doble, que garantiza una distribución del aire uniforme. el control del horno se facilita mediante un controlador PID que incluye una pantalla digital LED y funciones avanzadas como un sistema de protección contra sobrecalentamiento, sistema de</p>

		ventilación del horno es ajustable, con cuatro velocidades
Molienda	Molino de tornillos	Fabricado en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio, eje principal fabricado en barra 4140. Rodamientos de grado alimenticio, motor principal de alta velocidad 3500 rpm 220V trifásico. Incluye martillos de repuesto, tolva superior de recepción de producto, mueble soporte metálico, bajante de acero inoxidable AISI 304, cobertores de seguridad y botonera de arranque.
Empaque	Empacadora	Construida en materiales laminados termo soldables, de 120-240 V, trifásico con protección contra sobre cargas y servo control de precisión. Incluye pantalla táctil para funciones precisas. Posee un sistema de sellado con temperatura, velocidad de producción de 15 a 40 bolsas por minuto.

Después de haber definido con precisión los equipos tecnológicos necesarios, se inició la fase de investigación para obtener datos económicos que permitieran determinar la inversión requerida, en la siguiente tabla se presenta un desglose detallado de los costos de inversión asociados con los diferentes tipos de equipos necesarios para cada etapa del proceso. Esta tabla incluye información sobre el equipo necesario, la cantidad requerida, y el costo o valor económico asociado a cada uno de ellos.

Esta cotización se realizó para la necesidad de procesar 900 kg por día aproximadamente

Tabla 10*Cotización de equipos necesarios para línea de proceso*

Operación	Equipos necesarios	Cantidad	Cotización (unitaria)		Empresa
Recepción	Elevador de cangilones	1	\$2 925	₡1 498 476,92	(Alibaba, 2024)
Pesado	Romana	1	\$299,99	₡153 684,82	(ICN, 2024)
Pesado	Balanza granataria	3	\$334,92	₡171 579,86	(Carbone , 2024)
Lavado	Tolvas de recepción	2	\$2 616,85	₡1 340 611,73	(GLIndustrial , 2024)
Cocción	Marmita industrial	2	\$5 060,13	₡2 592 303,59	(Alibaba, 2024)
Desmillado	Cuchillos	5	\$4,16	₡2 130	(YAMUNIA, 2024)
Deshidratado	Excalibur	1	\$4 857,73	₡2 488 614,11	(Alibaba, 2024)
Molienda	Molino de martillos	1	\$7 300	₡3 739 788,54	(Exhibir, 2024)
Empaque	Empacadora	1	\$1 274,74	₡653 049,05	(Alibaba, 2024)

En la Tabla 10 se muestra las cotizaciones presentes para los diferentes equipos seleccionados para el proceso, el precio es de manera unitaria

Tabla 11*Monto total de inversión inicial de equipo*

Equipos necesarios	Cantidad	Dólares	Colones	Total (\$)	Total (₡)
Elevador de cangilones	1	\$2 925,00	₡ 1 498 476,72	\$ 2 925,00	₡ 1 498 476,72
Romana	1	\$ 299,99	₡ 153 684,82	\$ 299,99	₡ 153 684,82
Balanza granataria	3	\$ 334,92	₡ 171 579,86	\$ 1 004,76	₡ 514 739,58
Tolvas de recepción	2	\$2 616,85	₡ 1 340 611,73	\$ 5 233,70	₡ 2 681 223,46
Marmita industrial	2	\$5 060,13	₡ 2 592 303,59	\$ 10 120,26	₡ 5 184 607,18
Cuchillos	5	\$ 4,16	₡ 2 130,00	\$ 20,80	₡ 10 650,00
Excalibur	1	\$4 857,73	₡ 2 488 614,11	\$ 4 857,73	₡ 2 488 614,11
Molino de martillos	1	\$7 300,00	₡ 3 739 788,54	\$ 7 300,00	₡ 3 739 788,54
Empacadora	1	\$1 274,74	₡ 653 049,05	\$ 1 274,74	₡ 653 049,05
Total				\$ 33 036,98	₡ 16 924 833,46

En la Tabla 11 se detalla según la cantidad el monto total necesario para establecer la línea de proceso de harina de Pejibaye, es importante destacar que estas estimaciones sobre el precio del equipo son dados sin considerar los Montos FOB y los impuestos de nacionalización, dado que se deben de considerar una vez la asociación decida realizar la compra para verificar el monto real del equipo ya que se trata de importación

4.2.3. Determinación de insumos

Insumos

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| p. Materia prima | q. Insumos de desinfección |
| r. Agua cocción | s. Indumentaria |
| t. Agua lavado | v. Electricidad |
| u. Agua desinfección | |
| w. Empaque plástico | x. Mano de obra |
| y. Tarimas | z. Cajas plásticas |

4.2.4. Recurso humano

La **Tabla 12** muestra el recurso humano necesario para la elaboración de harina de pejibaye, detallando las diferentes operaciones involucradas, la duración estimada en minutos de cada operación y la cantidad de personas requeridas para llevar a cabo dichas operaciones.

Tabla 12

Recurso humano necesario para la elaboración de harina de pejibaye

Operación	Duración (min)	Cantidad de personas
Recepción	10	2
Pesado	5	2
Lavado	25	2
Desinfección	5	2
Cocción	30	1
Desmillado	50	3
Deshidratado	300	1
Molienda	30	2
Empaque	45	3

La distribución del trabajo reflejada en la tabla muestra cómo se asignan las tareas y responsabilidades a diferentes personas durante el proceso de producción lo que garantiza

una división eficiente del trabajo y permite que cada operación se realice de manera óptima, maximizando la productividad y la calidad del producto final.

Algunas operaciones requieren más atención y tiempo que otras tal es el caso del desmillado y el deshidratado son procesos que demandan mayor tiempo y mano de obra debido a su naturaleza delicada y detallada, estas operaciones son críticas para obtener una harina de pejibaye de alta calidad y deben ser realizadas cuidadosamente para garantizar un producto final satisfactorio.

La cantidad de personas asignadas a cada operación también refleja la optimización de recursos humanos tal es el caso de operaciones como el pesado y el lavado pueden realizarse de manera eficiente con un número limitado de personas, mientras que operaciones más complejas como el desmillado y el empaque requieren un equipo más grande para garantizar la eficacia y precisión.

4.3. Evaluar las características fisicoquímicas de la harina de pejibaye para el desarrollo de una ficha técnica del producto.

El desarrollo de la experimentación para la elaboración de la harina de pejibaye se llevó a cabo en las instalaciones de la planta piloto agroindustrial de la escuela de ingeniería en agronegocios del Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Central en Cartago.

4.3.1. Rendimiento por etapa

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos en el estudio sobre los rendimientos por etapa en el proceso de producción de harina de pejibaye, se especifica la eficiencia de cada etapa del proceso, desde la selección y preparación de la materia prima hasta la obtención final del producto procesado lo cual es necesario para comprender y optimizar el rendimiento en cada fase de su producción y así garantizar la calidad y rentabilidad de este producto.

Tabla 13

Rendimiento por etapa de la elaboración de la harina de pejibaye

Etapa	Rendimiento
Selección	100,00%
Desmillado	90,54%
Procesado	97,76%
Secado	38,79%
Molido	99,83%

La Tabla 13 muestra el rendimiento de cada etapa dentro del proceso de la elaboración de harina de pejibaye, cabe destacar que dentro de este proceso la selección de materia prima es indispensable para conocer a ciencia cierta la cantidad de materia prima que utiliza en el proceso; el rendimiento por etapa es importante por diversas razones ya que nos permite mejorar la eficiencia operativa de los procesos, además se analizan oportunidades de oportunidad donde es necesario tener una visión clara de cómo se está utilizando la materia prima, la energía y el tiempo. (SINCI, 2019)

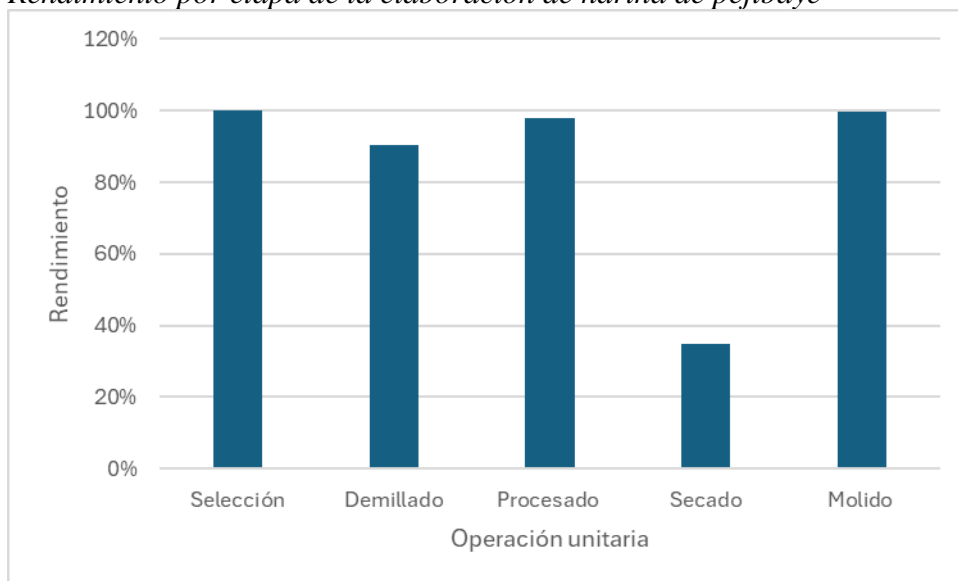
Este enfoque en la optimización del rendimiento es respaldado por estudios previos que destacan la importancia de evaluar y mejorar la eficiencia en cada etapa de producción para garantizar la calidad y rentabilidad del producto final (García, 2021) El rendimiento del 100% en la etapa de selección es un indicador positivo, ya que significa que no se pierde materia prima durante esta fase inicial del proceso, esta observación está respaldada por investigaciones que resaltan la importancia de una selección cuidadosa de la materia prima en la industria alimentaria para minimizar las pérdidas y maximizar la calidad del producto final (Ingelsten, 2021)

Sin embargo, es importante destacar la disminución significativa en el rendimiento durante la etapa de secado, donde solo se logra retener el 38,79% de la materia prima inicial que está relacionada con la técnica de secado utilizada, la duración del proceso de secado y las condiciones ambientales durante esta fase; estudios previos han demostrado que el rendimiento en la etapa de secado puede variar considerablemente según las prácticas de secado empleadas (Tontul, 2017)

Por otro lado, los altos rendimientos en etapas como el desmillado, procesado y molido indican una buena optimización de estas fases del proceso lo que coincide con investigaciones anteriores que respaldan la importancia de técnicas eficientes de desmillado, procesado y molido para conservar la mayor parte de la materia prima y obtener productos finales de alta calidad (Jing, 2024)

Figura 33

Rendimiento por etapa de la elaboración de harina de pejibaye



En la figura anterior se muestra que la etapa con menor rendimiento es la del secado, y con sentido lógico ya que se debe a la deshidratación o eliminación del agua como tal del pejibaye

En la Tabla 14 se expone el rendimiento general del proceso tomando como base el pejibaye pesado inicialmente y el peso final de la harina como tal, en este proceso la harina obtuvo un 41,11% del pejibaye inicial total utilizado.

Tabla 14

Rendimiento general del proceso

Peso inicial	Peso final	% de rendimiento
6430	2644	41,11%

La Tabla 13 muestra el rendimiento general del proceso de producción de harina de pejibaye, expresado como el porcentaje de peso final obtenido con respecto al peso inicial del pejibaye utilizado. En este caso, el peso final de la harina representa el 41,11% del peso inicial del pejibaye, lo que indica la eficiencia del proceso en la transformación de la materia prima en producto final; es importante destacar que este rendimiento general del proceso no solo se basa en la transformación física de la materia prima, sino que también está influenciado por diversos factores como la humedad, las pérdidas en las diferentes etapas del proceso y las características específicas de la materia prima utilizada.

Un aspecto clave que afecta el rendimiento general es el proceso de secado. Según Piedra (1995), el pejibaye puede perder aproximadamente el 65,8% de su peso durante el proceso

de secado, esta pérdida de peso está asociada principalmente a la evaporación del agua contenida en la fruta, lo cual es esencial para la obtención de una harina de calidad y con una vida útil adecuada, además, es importante contemplar las pérdidas de materia prima en otras etapas del proceso, como el desmillado, procesado, molido y empaque; estas pérdidas pueden ser causadas por diversos factores como la eliminación de partes no comestibles, la formación de residuos durante el procesamiento y el empaque, entre otros.

La variabilidad en la humedad también juega un papel significativo en el rendimiento general del proceso pequeñas variaciones en la humedad de la materia prima o en las condiciones de secado pueden influir en el peso final obtenido y, por lo tanto, en el rendimiento total del proceso, esto resalta la importancia de mantener un control preciso de las condiciones de procesamiento, especialmente en términos de humedad, para optimizar el rendimiento y la calidad del producto final.

4.3.2. Humedad de la harina de pejibaye

El proceso de determinación de la harina de pejibaye es fundamental para garantizar la calidad y consistencia del producto final. En este caso, se realizaron análisis en tres lotes de harina de pejibaye, cada uno producido en diferentes fechas, utilizando diferentes métodos de determinación de humedad.

Para el primer lote, se empleó el método de estufa, que es una técnica estándar y ampliamente reconocida para determinar la humedad en alimentos, este método implica la colocación de una muestra de harina en una estufa a una temperatura específica durante un período de tiempo definido, para el segundo y tercer lote, se utilizó la balanza de humedad, una técnica más avanzada que permite una medición directa del contenido de humedad en la muestra de harina. Es importante destacar que, para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados, se sometieron tres muestras de harina de pejibaye de cada lote al proceso de determinación de humedad por triplicado, este enfoque de triplicado ayuda a reducir la variabilidad experimental y proporciona datos más confiables y representativos del contenido de humedad en cada lote de harina de pejibaye analizado.

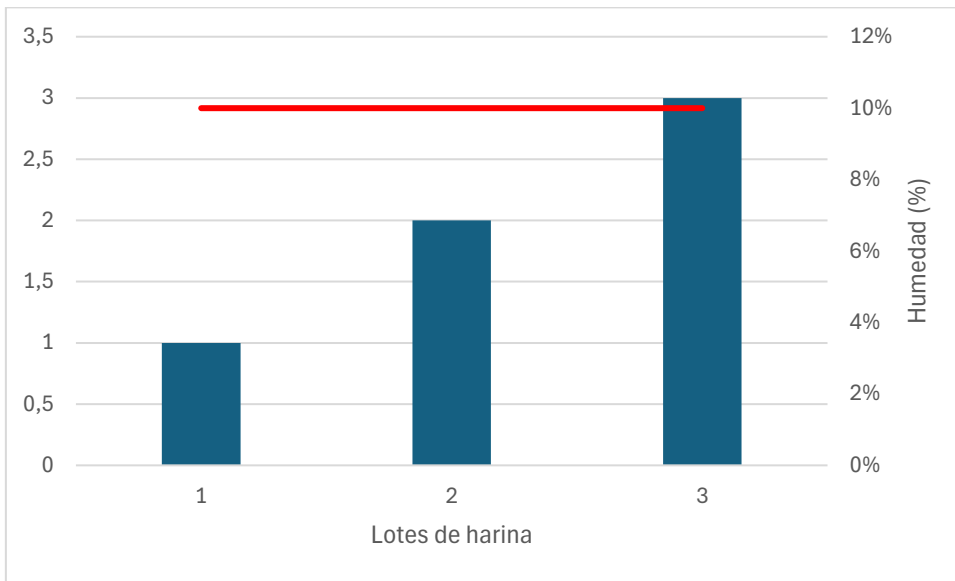
Tabla 15

Determinación de humedad de la harina de pejibaye

Lote	Humedad (%)	Valor teórico
1	(5,50±2,76)	
2	(10,64±2,37)	<10%
3	(8,66±0,39)	

Tal y como se observa en la Tabla 15, el primer lote de harina de pejibaye presenta un contenido de humedad del 5,50% con un margen de error de $\pm 2,76\%$. El valor teórico indicado es "<10%", lo que significa que el contenido de humedad está por debajo del 10%, un umbral comúnmente utilizado como referencia en la industria para determinar la calidad de la harina en términos de humedad.; en el segundo lote, el contenido de humedad es del 10,64% con un margen de error de $\pm 2,37\%$., dado que el contenido de humedad está por encima del 10%, este lote se encuentre en el límite superior o incluso por encima de lo recomendado en términos de humedad para la harina de pejibaye y con respecto al tercer lote, este muestra un contenido de humedad del 8,66% con un margen de error de $\pm 0,39\%$, si igual que en el lote 2, no se especifica un valor teórico específico.; los lotes 1 y 3 cumplen con los estándares de humedad aceptables para la harina de pejibaye, mientras que el lote 2 se encuentra en el límite superior en términos de contenido de humedad, lo que podría requerir un control más estricto en el proceso de producción para asegurar la calidad del producto final, lo que coincide con INA, (2016) ya que menciona que en el caso de algunas harinas alternativas, es común encontrar que su contenido de humedad es inferior al 10%, esta característica las distingue de la harina de trigo, cuyo contenido de humedad tiende a ser ligeramente más alto; debido a su menor contenido de humedad, las harinas alternativas tienen una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con la harina de trigo, además a modo de comparación sobre la norma técnica colombiana (INCOTEC , 2020) el porcentaje de humedad resultante se encuentra por debajo del nivel máximo permitido para ser aceptado como producto de calidad.

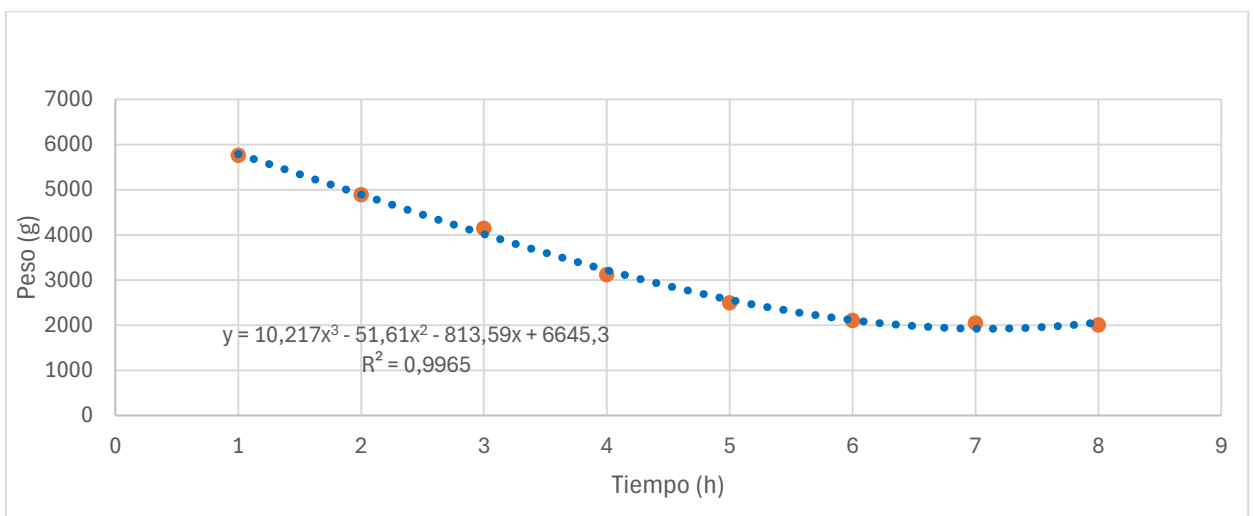
Figura 34
Humedad de la harina de pejibaye para los 3 lotes



4.3.3. Comportamiento de la curva de secado

Para la determinación de la curva de secado se realizó en por el método de horno de aire caliente donde se dio un monitoreo sobre las primeras 6 horas por cada hora, y después de esa hora permaneció 8 horas hasta la última medida que se realizó, por lo que se realizaron 7 medidas de monitoreo, las cuales se realizaron sobre pesajes y diferencia en 10 bandejas con materia húmeda, a continuación, se evidencia la figura que muestra lo más antes posible.

Figura 35
Comportamiento de la curva de secado



La Figura 35 muestra el comportamiento de la curva en relación con las fases de deshidratado según lo mencionado por Torres (2019). En la fase inicial de precalentamiento, el producto se encuentra a una temperatura baja, lo que resulta en una presión de vapor también baja y, por ende, en una velocidad de transferencia de masa reducida para este punto el gráfico muestra esta etapa en las primeras 4 horas. En la etapa siguiente, de velocidad de secado constante, se alcanza la máxima capacidad de vaporización en la superficie, lo que se refleja en la curva con una marcada disminución del porcentaje de humedad esta etapa se demuestra en el gráfico de la hora 5 a la 6. Por último, en la fase de velocidad decreciente, la pérdida de humedad es más gradual, ya que se busca extraer el agua que está internamente ligada al producto y se nota de la hora 6 a la 8.

4.3.4. Determinación del aw

La determinación de los valores de actividad de agua es importante en la industria alimentaria, ya que la actividad del agua (a_w) es un factor que influye significativamente en la estabilidad microbiológica, la textura y la vida útil de los productos alimenticios. En el caso específico de la harina de pejibaye, es fundamental conocer y controlar estos valores para garantizar la calidad y seguridad del producto final.

Para realizar esta determinación, se llevó a cabo un análisis por triplicado, lo que significa que se realizaron tres mediciones independientes de la actividad de agua para cada muestra de harina de pejibaye, este enfoque triplicado es común en la investigación científica y en la industria alimentaria, ya que permite obtener resultados más precisos al tomar en cuenta posibles variaciones entre las muestras. Al promediar los valores de actividad de agua obtenidos de las tres mediciones para cada muestra de harina de pejibaye, se obtiene un valor representativo que refleja de manera más precisa la actividad de agua de ese lote particular.

La determinación de valores de la actividad del agua de pejibaye se expone en la siguiente tabla.

Tabla 16

Valores de aw para los 3 lotes de harina de pejibaye

Lote	Valores de aw
1	(0,25±0,19)
2	(0,59±0,15)
3	(0,48±0,03)

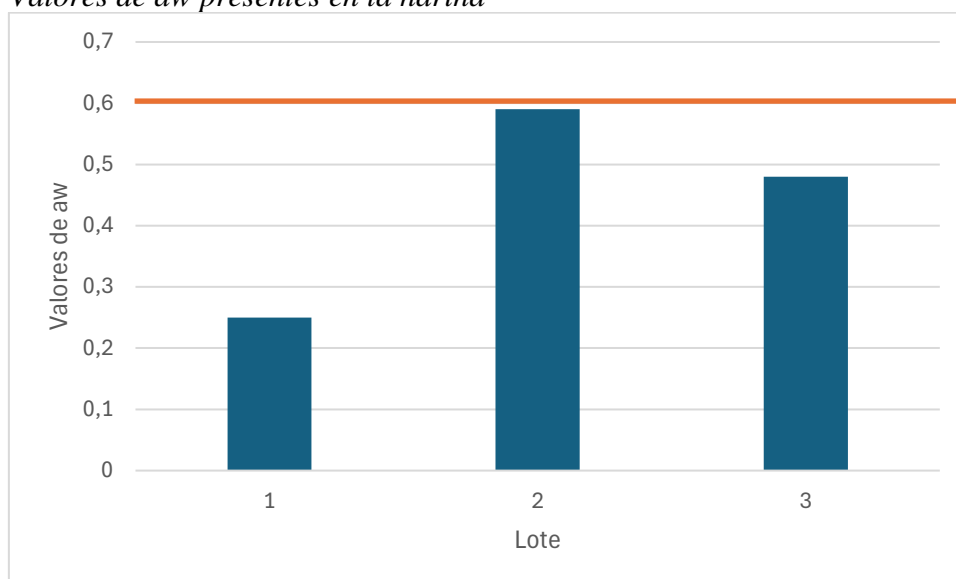
En la

Tabla 16 se presentan los valores de la actividad de agua (aw) en tres lotes diferentes de harina de pejibaye, la medida, la actividad de agua indica la cantidad de agua disponible en un producto y tiene implicaciones importantes en términos de estabilidad microbiológica y calidad del producto. El primer lote muestra un valor de aw de 0,25 con un margen de error de $\pm 0,19$. Este valor indica una actividad de agua muy baja en la harina de pejibaye de este lote, este nivel de actividad de agua suele asociarse con una mayor estabilidad microbiológica y una menor probabilidad de crecimiento de microorganismos, lo que contribuye a una mayor duración del producto.

Por otro lado, el segundo lote presenta un valor de aw de 0,59 con un margen de error de $\pm 0,15$. Este valor es más alto que en el primer lote, lo que indica una mayor disponibilidad de agua en la harina de pejibaye de este lote, aunque este nivel de actividad de agua sigue siendo bajo en comparación con otros alimentos, puede tener efectos en la estabilidad microbiológica y la textura del producto. Finalmente, el tercer lote muestra un valor de aw de 0,48 con un margen de error de $\pm 0,03$. Este valor se encuentra entre los valores de los lotes 1 y 2, indicando una disponibilidad moderada de agua en la harina de pejibaye de este lote; es importante destacar que ambos valores se encuentran dentro de la zona estable según lo encontrado en la revisión bibliográfica donde Unicen , (2016) expone mediante un grafico para por medio de valores determinar la estabilidad y posibles riesgos presentes dependiendo su valor, además cumple con lo establecido por Rojas, (2022) donde dice que cuanto más alta es la actividad del agua, mayor es la capacidad del agua para participar en reacciones químicas y favorecer el crecimiento microbiano.

Figura 36

Valores de aw presentes en la harina



En la Figura 36 se muestra la comparación de valores de aw de una manera grafica para mayor análisis visual sobre la misma

4.3.5. Determinación de proteína

En el caso específico de la determinación de proteína en la muestra de interés, se llevó a cabo este proceso por triplicado, lo que implica que se realizaron tres análisis independientes para obtener resultados más confiables y representativos, la repetición de las mediciones triplicadas ayuda a reducir posibles errores y a tener una mejor estimación del contenido real de proteína en la muestra.

Los datos obtenidos de los tres análisis se registraron en una tabla, lo que permite una fácil visualización y comparación de los resultados. Estos datos incluyen los valores de nitrógeno encontrados en cada muestra, los cuales se utilizan luego para calcular el contenido de proteína utilizando factores de conversión estándar.

La determinación de proteína se calculó mediante el método Kjeldahl donde se realizó la muestra por triplicado, en la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos para la variable en cuestión

Tabla 17

Porcentaje de proteína en la harina de pejibaye

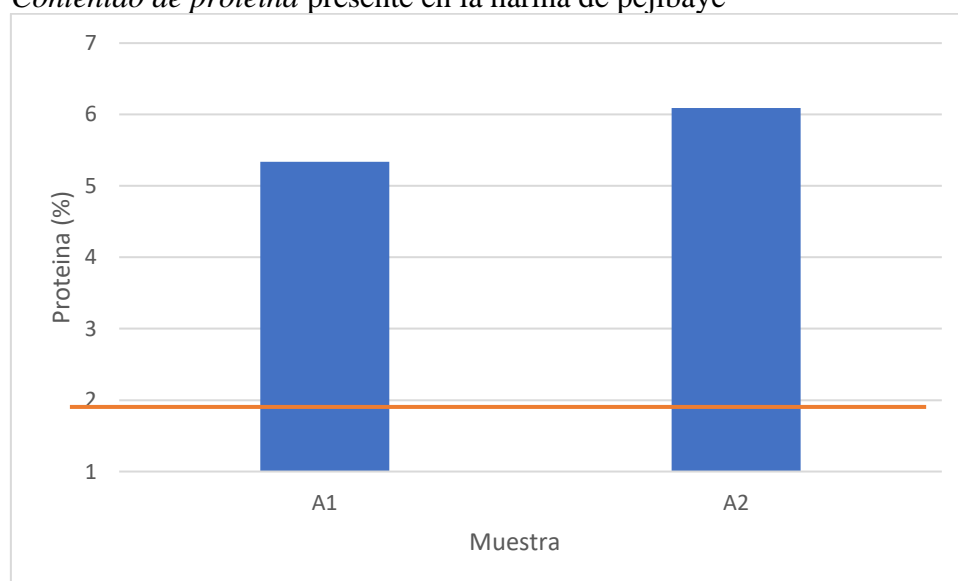
Muestra	Proteína (%)	Valor teórico (%)
A1	(5,34±0,12)	>2
A2	(6,09±0,50)	

Según los datos de la Tabla 17 la variables de proteína es mayor en la harina de menor granulometría, sin embargo, la diferencia de una a otra no es tan representativa; esto datos comparten similitud con Ugalde, (2002) donde menciona que la cantidad de proteína de harina es de 5,1% ya que dista del fruto como tal que según Mata, (2011) presenta valores que van desde los 2,8% hasta 8,3% según la variedad; además, resulta importante el dato de la proteína ya que se asocia con la capacidad de retención de agua, la formación de la estructura de la masa y la capacidad de retención de gases durante el proceso de fermentación y cocción, en las harinas sin gluten, como las utilizadas en la producción de productos aptos para personas con intolerancia al gluten, el contenido proteico influye en la textura y la consistencia del producto final.

El cumplimiento de los estándares de contenido proteico establecidos por la NTC 2799 es un indicador clave de la calidad nutricional, en el caso de las muestras A1 y A2, los resultados revelan un contenido de proteína significativamente superior al mínimo del 2% establecido por la norma técnica. La proteína es un componente esencial en la dieta humana, fundamental para el desarrollo y mantenimiento de tejidos, la función metabólica y la salud en general. Por lo tanto, contar con una fuente de proteína de calidad, como la harina de pejibaye con altos niveles de este nutriente, es beneficioso para la salud de los consumidores. (Martinez, 2006)

Figura 37

Contenido de proteína presente en la harina de pejibaye



En la figura anterior se demuestra la comparación de las harinas, donde se nota que la harina más fina posee un contenido más elevado de proteína sobre la harina más gruesa. La harina de pejibaye cumple con los requisitos de proteína establecidos en la NTC 2799, que establece un valor mínimo del 2% (INCOTEC, 2020). Los valores obtenidos para la harina de pejibaye fueron del 5,34% y 6,09%, lo que indica que el contenido de proteína en esta harina es significativamente mayor que el mínimo requerido por la norma. Este resultado es positivo, ya que indica que la harina de pejibaye tiene un contenido nutricional más elevado de lo esperado según la normativa. Un mayor contenido de proteína puede ser beneficioso para la calidad nutricional del producto, así como para su valor comercial al ofrecer un perfil más nutritivo y atractivo para los consumidores. Estos resultados son importantes tanto para la evaluación de la calidad de la harina de pejibaye como para su posicionamiento en el mercado, ya que un mayor contenido de proteína puede ser un punto fuerte en términos de nutrición y valor añadido para los consumidores.

4.3.6. Determinación de fibra cruda

La fibra cruda es la parte de los alimentos que no se digiere en el tracto gastrointestinal y que aporta beneficios para la salud, como la regulación del tránsito intestinal y la prevención de enfermedades relacionadas con el sistema digestivo. (Escudero, 2006)

En la tabla presentada, se muestra el contenido de fibra cruda de manera porcentual para dos muestras de harina de pejibaye, denominadas como A1 y A2. La diferencia entre A1 y A2 radica en la granulometría de la harina, donde A2 corresponde a una porción más fina de la harina en comparación con A1. Esta distinción en la granulometría puede tener implicaciones en la textura, capacidad de absorción de líquidos y uso culinario de la harina.

Tabla 18

Porcentaje de fibra en la harina de pejibaye

Muestra	Fibra (%)	Valor teórico (%)
A1	(3,13±0,02)	<1,0
A2	(3,77±0,84)	

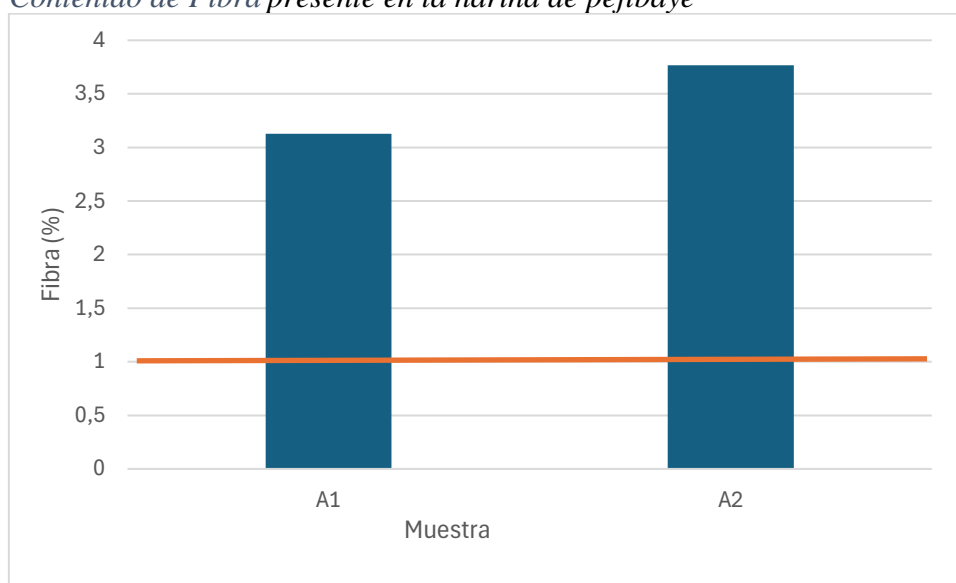
La muestra A1 muestra un contenido de fibra del 3,13% con un margen de error de ±0,02%, mientras que la muestra A2 muestra un contenido del 3,77% con un margen de error de ±0,84%..

El conocimiento del contenido de fibra cruda en la harina de pejibaye es útil tanto para la formulación de productos alimenticios como para informar a los consumidores sobre las propiedades nutricionales del producto. Un mayor contenido de fibra cruda puede ser valorado positivamente por los consumidores conscientes de la salud y aquellos que buscan opciones alimenticias que promuevan el bienestar. (Miranda, s.f.)

En el siguiente gráfico se muestra la cantidad porcentual de cada muestra

Figura 38

Contenido de Fibra presente en la harina de pejibaye



El contenido de fibra cruda en la harina de pejibaye, con valores de 3,13% y 3,77% para las muestras A1 y A2 respectivamente, supera el máximo permitido según la norma NTC 2799, que establece un límite de 1%, esto indica que la harina de pejibaye analizada es más fibrosa de lo que se considera aceptable según dicha norma. El hecho de que la harina de pejibaye sea más fibrosa puede atribuirse a diversas razones, como la variedad de la fruta utilizada, el proceso de producción, la inclusión de partes fibrosas durante el proceso de molienda, entre otros factores.

Aunque el contenido de fibra cruda en la harina de pejibaye supera el límite establecido por la norma NTC 2799, esto no necesariamente indica un problema de calidad, ya que la fibra también tiene beneficios para la salud y es un componente importante en la dieta humana. Sin embargo, es relevante considerar estos valores en el contexto de las recomendaciones nutricionales y los estándares regulatorios, especialmente si se busca cumplir con ciertos criterios de calidad o si se requiere ajustar la formulación de productos alimenticios que contengan esta harina.

4.3.7. Determinación de grasa

La determinación de grasa en alimentos es importante en la industria alimentaria para evaluar la calidad nutricional de los alimentos, proporcionando información sobre su contenido de energía y nutrientes esenciales, además, desempeña el control de calidad de los productos alimenticios, garantizando que cumplan con los estándares establecidos y sean seguros para el consumo humano. (ACONSA, 2021)

En la siguiente tabla se muestra el contenido de grasa obtenido de muestras de harina de pejibaye, cada medición se realizó en triplicado para garantizar la precisión y la reproducibilidad de los resultados.

En la Tabla 19 cada muestra A1 y A2 fue analizada tres veces para obtener una visión completa de su contenido de grasa, los valores individuales de cada medición se presentan junto con el promedio de grasa calculado para cada muestra. Este enfoque por triplicado en el análisis del contenido de grasa es una práctica estándar para asegurar la fiabilidad y la consistencia de los resultados.

Tabla 19

Porcentaje de grasa en la harina de pejibaye

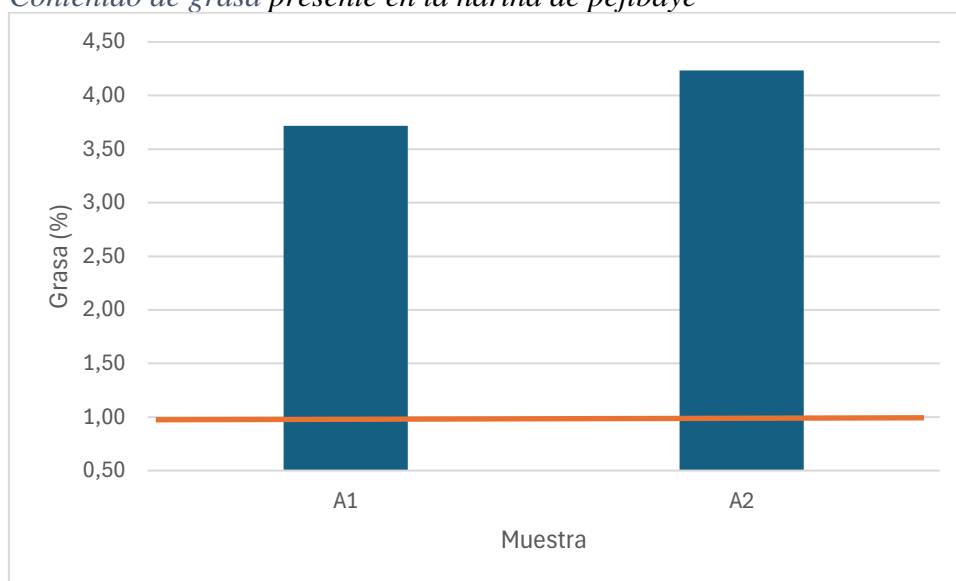
Muestra	Grasa (%)	Valor teórico (%)
A1	(3,72±0,19)	<1,0
A2	(4,23±0,18)	

Los resultados obtenidos en el análisis del contenido de grasa en las muestras de harina de pejibaye superan los límites máximos establecidos por la normativa NTC 2799, que establece un límite de grasa del 1%, y por la normativa CXS 155-1985, que fija un límite del 2.25%. Sin embargo, es importante destacar que el pejibaye es conocido por ser una fruta naturalmente rica en grasas, lo cual puede influir en los resultados obtenidos.

En la siguiente figura se muestra la diferencia de grasa de las muestras A1 y A2

Figura 39

Contenido de grasa presente en la harina de pejibaye



La alta concentración de grasas en el pejibaye es un atributo característico de esta fruta, lo que implica que sus derivados, como la harina de pejibaye, también pueden contener niveles significativos de grasa. Esta característica natural del pejibaye debe ser considerada al interpretar los resultados del análisis de grasa en la harina derivada de esta fruta, además, es importante señalar que, a pesar de superar los límites establecidos por las normativas mencionadas, la presencia de una mayor cantidad de grasa en la harina de pejibaye no necesariamente indica un incumplimiento de los estándares de calidad o seguridad alimentaria. En el caso específico del pejibaye, esta mayor concentración de grasa es parte de su composición natural y puede ser valorada por sus propiedades nutricionales y sensoriales.

4.3.8. Determinación de Ceniza

El contenido de ceniza en una muestra es un indicador crítico que nos permite evaluar la cantidad de materia inorgánica presente en una sustancia, en diversos campos como la alimentación, el análisis de cenizas proporciona información valiosa sobre la composición elemental de un producto. El análisis de cenizas no solo ayuda a determinar la pureza de un producto, sino que también puede influir en las decisiones de procesamiento, formulación y en la identificación de fuentes específicas de contaminación o adulteración. Por ejemplo, en la industria alimentaria, un alto contenido de cenizas puede indicar una mayor concentración de minerales, lo cual es deseable hasta cierto punto. Sin embargo, un valor excesivamente alto podría señalar la presencia de contaminantes o aditivos no declarados. (DINGO, 2020)

A continuación, se presenta en la Tabla 20 los resultados obtenidos del contenido de ceniza de harina de Pejibaye de dos muestras específicas, analizada por triplicado para asegurar la precisión de los resultados:

Tabla 20

Porcentaje de ceniza en la harina de pejibaye

Muestra	Ceniza (%)	Valor teórico (%)
A1	(2,45±0,13)	<2,5
A2	(1,4±0,10)	

Los resultados del análisis de cenizas en las muestras A1 y A2 de harina de pejibaye muestran valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por el valor teórico, que es menor a 2,5%.; la muestra A1 presenta un contenido de cenizas del 2,45% con un margen de error de ±0,13%, mientras que la muestra A2 muestra un contenido del 1,4% con un margen de error de ±0,10%. Ambos resultados están por debajo del límite máximo establecido, lo que indica un nivel adecuado de cenizas en las muestras de harina de pejibaye.

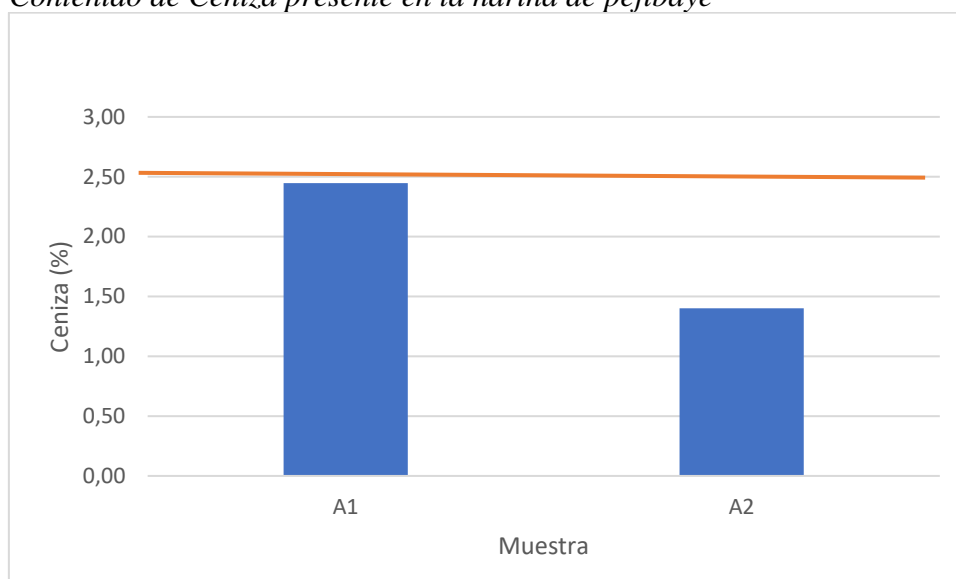
El contenido de cenizas en los alimentos está relacionado con la presencia de minerales esenciales como calcio, hierro, potasio y magnesio, entre otros. Estos minerales son importantes para el funcionamiento adecuado del organismo y desempeñan roles vitales en la salud ósea, la función muscular, la regulación de la presión arterial y otras funciones corporales. (Rodríguez A. , 2022)

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 2799 establece parámetros específicos que deben ser observados en la producción y evaluación de harinas, incluyendo el contenido de ceniza, que es indicativo de la cantidad total de material inorgánico presente, el valor máximo permitido de contenido de ceniza en harinas es de 2,5% el cual ayuda a garantizar que la harina no contenga excesivos residuos minerales, lo cual afecta tanto la calidad como la pureza del producto.

En la siguiente figura se muestra el contenido de ceniza que se obtuvo de ambas muestras de harina de pejibaye

Figura 40

Contenido de Ceniza presente en la harina de pejibaye



La muestra A1 tiene un contenido de ceniza muy cercano al límite máximo establecido por la NTC 2799, con un valor de 2,45% esto indica que, aunque la muestra está dentro de los parámetros aceptables, cualquier incremento adicional en el contenido de ceniza podría resultar en un incumplimiento de las normativas, por otro lado, la muestra A2, con un valor de 1,40%, está claramente dentro del rango aceptado, mostrando un nivel significativamente menor de residuos minerales, cabe destacar que se realiza una comparativa de valores referentes a la harina de plátano que se establece en Colombia por ser la más similar a la del pejibaye.

4.3.9. Determinación de Extracto libre Nitrógeno

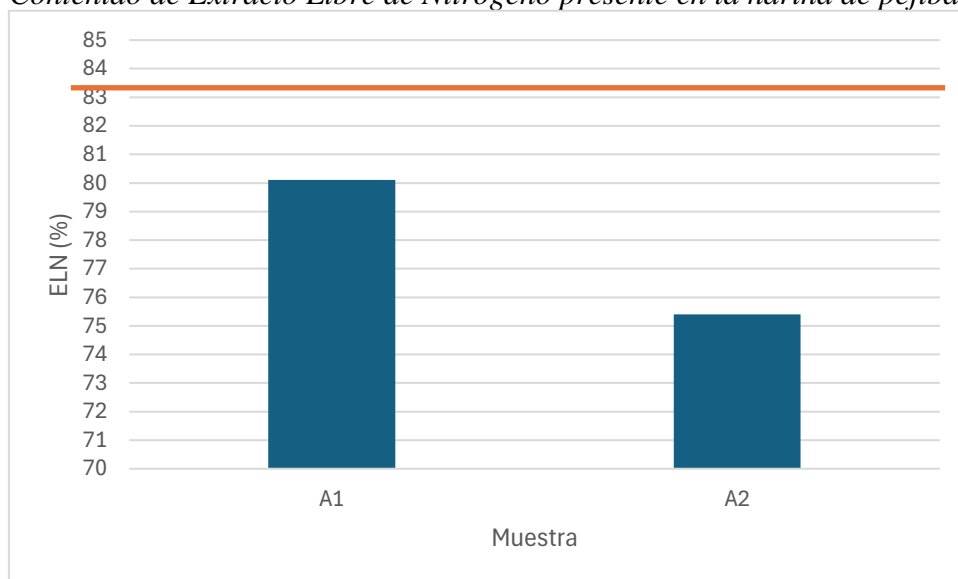
El contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) es una medida importante para evaluar la composición nutricional de los alimentos, esta fracción incluye principalmente carbohidratos no estructurales, como almidones y azúcares, que son necesarios para proporcionar energía rápida y fácilmente utilizable por el cuerpo, además, el ELN puede incluir también otros componentes como fibras y minerales que son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema digestivo y para el mantenimiento de la salud en general. (FAO, 2022)

Para evaluar con precisión el contenido de ELN en la harina de pejibaye, se realizó un análisis por triplicado, asegurando la fiabilidad y la precisión de los resultados obtenidos. En la Tabla 21 se exponen los resultados obtenidos del Extracto Libre de Nitrógeno

Tabla 21*Porcentaje de Extracto Libre de Nitrógeno*

Muestra	ELN (%)	Valor teórico (%)
A1	80,11	
A2	75,4	<83,5

Los resultados obtenidos para las muestras A1 y A2, con valores de 80,11% y 71,40% respectivamente, indican un contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) que se encuentra por debajo del mínimo establecido en la norma NTC 2799, que requiere un porcentaje mínimo de ELN en las muestras analizadas de al menos 83,1%. Este resultado tiene implicaciones importantes, especialmente en contextos donde se deben cumplir ciertos estándares de calidad o especificaciones técnicas para productos alimenticios. El contenido de ELN por debajo del mínimo requerido podría indicar una variación en la composición o calidad de las muestras, lo que afecta su uso o comercialización según las normativas vigentes.

Figura 41*Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno presente en la harina de pejibaye*

En la Figura 41 se muestra de manera gráfica el contenido de ELN obtenido en la harina de pejibaye para las muestras sometidas.

4.3.10. Determinación de color

La Tabla 22 muestra los resultados de la determinación de color de la harina de pejibaye en la muestra 1. Los valores de color están representados por los parámetros L, a y b, que describen la luminosidad, la tonalidad roja-verde y la tonalidad amarillo-azul respectivamente. Estos valores son importantes para evaluar la apariencia visual y la calidad de la harina de pejibaye en términos de su coloración.

Tabla 22

Determinación de color de la harina de pejibaye

Muestra	L	A	B
1	30,73	-0,28	22,09

Estos valores representan diferentes aspectos del color de la harina de pejibaye. El parámetro L indica la luminosidad, donde valores más altos representan una mayor luminosidad o claridad en el color, en este caso, el valor de 30,73 sugiere que la harina de pejibaye tiene una luminosidad moderada, no extremadamente clara ni oscura. El parámetro a describe la tonalidad roja-verde, donde valores positivos indican una tonalidad más rojiza, mientras que valores negativos indican una tonalidad más verdosa, con un valor de -0,28, la harina de pejibaye este valor es cercano a cero, lo que se deduce una tonalidad relativamente neutral en este aspecto. Por último, el parámetro b representa la tonalidad amarillo-azul, donde valores positivos indican una tonalidad más amarilla y valores negativos indican una tonalidad más azulada. Con un valor de 22,09, la harina de pejibaye muestra una tonalidad amarilla notable, lo que puede relacionarse con el color natural de la fruta de pejibaye.

Estos resultados indican que la harina de pejibaye presenta un color relativamente claro, con una ligera tendencia hacia el verde y una tonalidad amarilla predominante. Estas características son importantes tanto desde el punto de vista estético como de la percepción sensorial del producto. Según (Sarrazín, 2014) un color claro y una tonalidad amarilla se asocian con frescura y calidad en productos alimenticios, mientras que la ligera tonalidad verde podría ser atribuible a factores como el procesamiento o la madurez de la materia prima utilizada. En general, estos resultados pueden ser útiles para evaluar la calidad y el aspecto visual de la harina de pejibaye y podrían influir en su aceptación por parte de los consumidores.

4.3.11. Granulometría

La granulometría es un parámetro importante en la caracterización de materiales sólidos, especialmente en el ámbito de la industria alimentaria, en el caso específico de la harina de pejibaye, la granulometría es importante para determinar la textura, la capacidad de absorción de líquidos y la uniformidad del producto final. La evaluación de la granulometría se realiza mediante el tamizado de partículas para determinar su distribución según el tamaño.

La Tabla 23 muestra el porcentaje de granulometría de la harina de pejibaye en diferentes muestras, especificando el tamaño de partícula en micrómetros (μm) y el número de tamiz utilizado. Los valores indican el porcentaje de material retenido en cada tamiz, lo que proporciona información detallada sobre la distribución de tamaños de partículas en la harina de pejibaye analizada.

Tabla 23

Porcentaje de granulometría de Harina de Pejibaye

Muestra	Tamaño	Número de tamiz	Tamiz #1	Tamiz #2
1	106 μm	140	0,99%	0,20%
2	150 μm	100	9,90%	6,24%
3	250 μm	60	46,53%	61,39%
4	300 μm	50	24,75%	26,14%
5	425 μm	40	17,33%	3,56%
6	850 μm	20	0,50%	1,39%

En la Tabla 23, se puede observar que el tamiz con el mayor porcentaje de materia retenida es similar según la muestra analizada para ambas muestras el tamaño de partícula de 250 μm retiene el 46,53% y el 61,39% de la materia, lo que indica una predominancia de partículas de este tamaño en esa muestra específica.

El hecho de que un tamiz, en este caso el tamiz de 250 μm , retenga un alto porcentaje de materia en la muestra de harina de pejibaye sugiere que hay una cantidad significativa de partículas con ese tamaño específico en la muestra analizada. Las partículas de mayor tamaño, como las retenidas en el tamiz de 250 μm , pueden contribuir a una textura más gruesa o granulosa en la harina de pejibaye. Esto podría influir en la consistencia del producto final, especialmente en productos horneados como panes o pasteles., además, las partículas más grandes tienden a tener una menor capacidad de absorción de líquidos

en comparación con las partículas más finas, por lo tanto, una mayor presencia de partículas de 250 µm podría afectar la capacidad de la harina de pejibaye para absorber líquidos durante la preparación de masas o mezclas. (Díaz, 2020)

4.3.12. Contenido de vitaminas liposolubles

El contenido de vitaminas en la harina de pejibaye es un aspecto relevante para considerar debido a su impacto en la salud y el valor nutricional del producto. En esta sección, se presenta el contenido de vitaminas específicas en la harina de pejibaye, expresado en miligramos por cada 100 gramos de producto (mg/100g). En la Tabla 24 proporcionada se detallan los niveles de vitamina E, tanto de Gamma tocoferol como de Beta tocoferol, dos formas importantes de esta vitamina que poseen propiedades antioxidantes y contribuyen al bienestar general. Los valores presentados representan promedios con sus respectivas desviaciones estándar para brindar una visión precisa del contenido vitamínico en la muestra analizada.

Tabla 24
Contenido de Vitaminas en Harina de Pejibaye

Tipo	Contenido (mg/100g)
Vitamina E (Gamma tocoferol)	(0,3146 ± 0,0029)
Vitamina E (Beta tocoferol)	(0,0487 ± 0,0030)

La actividad antioxidante del Gamma tocoferol radica en su capacidad para neutralizar los radicales libres, sustancias altamente reactivas que pueden causar estrés oxidativo en las células y tejidos. El estrés oxidativo se ha relacionado con el desarrollo de diversas enfermedades, como enfermedades cardíacas, diabetes, cáncer y enfermedades neurodegenerativas. Investigaciones científicas han revelado que el Gamma tocoferol puede ayudar a reducir la inflamación y el estrés oxidativo en el cuerpo, lo que a su vez contribuye a la prevención de enfermedades crónicas. Además, se ha observado que el consumo regular de alimentos ricos en Gamma tocoferol está asociado con un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, como enfermedades del corazón y accidentes cerebrovasculares. El Gamma tocoferol, con un contenido de 0,3146 mg/100g ± 0,0029, es una forma importante de vitamina E conocida por su actividad antioxidante y su capacidad para proteger las células del daño oxidativo. Varios estudios han señalado

los beneficios del Gamma tocoferol en la prevención de enfermedades crónicas y en la salud cardiovascular (Jiang, 2022)

Por otro lado, el Beta tocoferol, con un contenido de $0,0487 \text{ mg}/100\text{g} \pm 0,0030$, también es una forma de vitamina E con propiedades antioxidantes, aunque en menor medida que el Gamma tocoferol, en cuanto a la salud metabólica, se ha observado que el Beta tocoferol puede desempeñar un papel en la regulación de la glucosa en sangre y en la sensibilidad a la insulina. (NAP, 2017)

Estos resultados son relevantes, ya que indican la presencia significativa de vitamina E en la harina de pejibaye, lo que puede contribuir a la calidad nutricional del producto y a sus potenciales beneficios para la salud. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar según factores como la variedad de pejibaye, el proceso de producción y almacenamiento, entre otros.

4.3.13. Contenido de carotenoides

El contenido de carotenoides en la harina de pejibaye es un aspecto relevante para su valor nutricional y sus potenciales beneficios para la salud. Los carotenoides son pigmentos naturales que se encuentran en muchos alimentos vegetales y tienen propiedades antioxidantes y saludables para el organismo humano. En esta sección, se presenta el contenido de carotenoides en la harina de pejibaye, expresado en miligramos por cada 100 gramos de producto (mg/100g), junto con el tipo predominante de carotenoide encontrado. La Tabla 25 detalla específicamente estos contenidos de carotenoides en la muestra analizada.

Tabla 25

Contenido de carotenoides

Muestra	Carotenoides totales (mg/100g)	Tipo
1	(5,44±0,54)	beta-caroteno

El beta-caroteno es un tipo de carotenoide que se encuentra comúnmente en frutas y verduras de color naranja o amarillo, como las zanahorias y los pimientos, es conocido por su papel como precursor de la vitamina A en el organismo, lo que lo convierte en un nutriente importante para la salud de la piel, la visión y el sistema inmunológico. (Melendez, 2010)

Un contenido de carotenoides de 5,44 mg/100g en la harina de pejibaye es significativo, ya que indica la presencia de una cantidad considerable de estos compuestos beneficiosos para la salud, los carotenoides, incluido el beta-caroteno, tienen propiedades antioxidantes que ayudan a proteger las células del daño causado por los radicales libres, contribuyendo así a la prevención de enfermedades crónicas y al mantenimiento de un sistema inmunológico saludable. Es importante destacar que el beta-caroteno es un nutriente esencial que el cuerpo humano no puede producir por sí mismo, por lo que su incorporación a través de la dieta, como en el caso de la harina de pejibaye, es fundamental para asegurar una ingesta adecuada de este compuesto beneficioso para la salud.

4.3.14. Resumen análisis proximal

En la Tabla 26 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado sobre la harina de pejibaye, considerando de manera promedio las muestras A1 y A2. El análisis proximal es una técnica que permite determinar la composición general de un alimento, incluyendo su contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, entre otros componentes importantes para evaluar su calidad nutricional y sus propiedades funcionales. Los resultados resumidos en esta tabla proporcionan una visión general de la composición proximal de la harina de pejibaye y son fundamentales para comprender su valor nutricional y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

Tabla 26


Análisis Proximal de Harina de pejibaye

Descripción	Humedad (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	ELN (%)
Harina de pejibaye	6,65	3,45	4,52	1,92	5,71	77,76

4.3.15. Ficha Técnica de la Harina de Pejibaye

Figura 42

Ficha Técnica de la Harina de Pejibaye

LOGO	Ficha técnica de Harina de Pejibaye			Programa adaptado 1
	Aprobado por: Didier Peñaranda Solano 6/5/2024			Programa adaptado 2
				2024
Nombre de materia prima	Harina de Pejibaye			
Proveedor				
Descripción Física	La harina de pejibaye es un producto alimenticio que resulta de la molienda del fruto del pejibaye			
Ingredientes principales	Fruta de pejibaye			
Ingredientes secundarios	NA			
Características físicas	Apariencia			La textura de la harina es fina y suave al tacto, lo que facilita su manejo y mezcla con otros ingredientes
	Color			Amarillo
	Olor			Presenta un aroma dulce característico
	pH			6,01
Características fisicoquímicas	Humedad (%)			6,65
	Grasa (%)			4,52
	Fibra (%)			3,45
	ELN (%)			77,76
	Proteína (%)			5,71
	Ceniza (%)			1,92
Estado del producto	Granulometria			53,46% en 250 micras
	Líquido			
	Sólido			x
Empaque y presentación	Gaseoso			
	Empacada en bolsa de alta densidad en presentaciones de 1000 gramos			
Número de lote	20240505-Ha			

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se presentan dos diagramas de flujo fundamentados en la teoría, con ajustes específicos realizados por el investigador, las condiciones señaladas en las etapas unitarias deberán validarse durante la implementación del proceso; este trabajo está destinado a la Asociación de Productores del Cantón de Jiménez (ASOPROCAJI).
- La inversión inicial en equipo se estima en ¢ 16 924 833,46.
- La etapa unitaria que presenta mayor pérdida de masa es la etapa del secado donde se eliminan la humedad del fruto.
- La humedad de la harina es 6,65% como promedio de los 3 lotes
- El valor del aw es de 0,44 se encuentra entre el valor de estabilidad del alimento lo que genera seguridad ante el ataque de microorganismos y actividad enzimática que pueda afectar su vida útil.
- La harina de pejibaye se encuentra entre los rangos permitidos para las variables de humedad, proteína, ceniza, ELN en comparación con la NTC2799

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda que la Asociación realice un censo agropecuario sobre la producción de pejibaye que respalde la oferta actual de producto y la sostenibilidad de esta, de modo que se sustente la producción de harina
- Se recomienda validar procesos de cocción y secado antes de realizar la compra de equipo, esto se hace directamente como sugerencia a los proveedores.
- Se recomienda considerar aspectos de importación como valores FOB y los impuestos de nacionalización sobre la estimación de inversión inicial del equipo para realizar la compra y verificar el monto real de la inversión
- Se recomienda un control riguroso y detallado de las variables de temperatura y tiempo durante la etapa de cocción para asegurar que el producto alcance las características deseadas y minimizar los riesgos de subcocción o sobrecocción. etapa de cocción.
- Se recomienda controlar estrictamente las variables de temperatura y humedad en la etapa de secado y que estas se mantengan dentro de los límites adecuados para asegurar la eliminación efectiva del agua sin comprometer la calidad del producto.
- Se recomienda que la empresa adquiera equipo de laboratorio, como medidores de temperatura, balanzas, estufas, pH metros y medidores de actividad de agua (Aw), para asegurar el control de calidad de la harina.
- Se recomienda realizar análisis de vida útil para determinar la duración del producto en el anaquel.
- Se recomienda realizar estudios de mercado para analizar la demanda y aceptación que tiene la harina
- Se recomienda realizar estudios de sustitución para suplir la harina convencional por harina de pejibaye para medir índices de rendimientos

Capítulo VI. Bibliografía

- AAP. (2013). *Minerales: calcio, fósforo y magnesio*. Obtenido de <https://www.healthychildren.org/Spanish/healthy-living/nutrition/Paginas/Minerals-Calcium-Phosphorus-and-Magnesium.aspx>
- ACONSA. (2021). *Análisis nutricional de alimentos: ¿Cómo se sabe el contenido en nutrientes de la comida?* Obtenido de <https://aconsa-lab.com/analisis-nutricional-de-alimentos/>
- Acosta, Z. (2023). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. Obtenido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>
- Alban, G. P. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>
- Alibaba. (2024). *Juego de herramientas de elevación*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/DZJX-Food-Grade-Feed-Pp-Z-1600350124860.html?spm=a2700.7724857.0.0.746d6b7dGXCMAn>
- Almeida, S. L. (2014). *La fibra y sus beneficios a la salud*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011
- Álvarez, E. (2008). *La fibra dietética*. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007
- Álvarez, M. A. (2020). *Propuesta de generación de valor agregado en la zona de Tucurrique para la industrialización y comercialización de la fruta del pejibaye*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/21463/Tesis%20Grado%20Licenciatura%20Marlon%20Navarro%20Versi%c3%b3n%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/21463/Tesis%20Grado%20Licenciatura%20Marlon%20Navarro%20Versi%c3%b3n%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=)

- AR. (s.f.). *Pejibaye: gran aliado para la piel y la vista*. Obtenido de https://ameliarueda.com/nota/Mantenga-en-buen-estado-su-piel-y-su-vista-incluyendo-el-pejibaye#google_vignette
- Araya, J. F. (2012). *Tucurrique es la capital del pejibaye*. Obtenido de <https://www.nacion.com/viva/entretenimiento/tucurrique-es-la-capital-del-pejibaye/5EIHHRDYLNFVRGKJIXQJXRH2M/story/>
- Araya, N. (2013). *Extracto y evaluación de fibra de dos variedades de pejibaye para su utilización como sustituto de grasa gel modelo carnico*. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/29733>
- Arce, R. G. (2021). *El Pejibaye*. Obtenido de <https://museo.ucr.ac.cr/nutricion/n5.html>
- Arias, A. B. (2017). *Tecnología de palmito de pejibaje*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1693.pdf>
- Avila, M. V. (2020). *Evaluación financiera*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.upsa.edu.bo/images/libro_evaluacion-financiera-de-proyectos-de-inversion.pdf
- Barquero, M. C. (2005). *Factores involucrados en el deterioro poscosecha de pejibaye y evaluacion de tratamientos para prolongar su vida útil*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/415/1/25894.pdf>
- Bonomo, R. C. (2015). *Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejibaye fruit (Bactris gasepaes Kunth.)* . Obtenido de https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/20740/pdf_68
- Caicedo, L. (2012). *El tratamiento térmico en bebida de soya* . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914105.pdf>
- Calizaya, U. G. (2023). *La fibra dietaria, importante componente fisicoquímico: un caso peruano*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852023000300676

- Calveyra., M. (2017). *¿Cómo realizar una especificación técnica de una materia prima o producto final para la industria de alimentos?* Obtenido de <https://www.portaldeinocuidad.com/web/como-realizar-una-especificacion-tecnica/>
- Campos, H. (2013). *Tabla de composición de alimentos de Cost Rica: Carotenoides y Tocoferoles* . Obtenido de https://www.inciensa.sa.cr/vigilancia_epidemiologica/informes_vigilancia/tablas%20composicion/Carotenoides%20y%20tocoferoles.pdf
- Campos, P. A. (2013). *Escalamiento a nivel industrial de la elaboración de un puré de pejibaye* . Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3389/1/35372.pdf>
- Carbone . (2024). *Báscula Industrial Plataforma De Piso, 200Gr/600Kg*. Obtenido de <https://carbonestore.cr/collections/basculas-balanzas/products/bascula-industrial-plataforma-de-piso-200gr-600kg>
- Caro, L. (s.f.). *Técnicas e Instrumentos para la recolección de Datos*. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25172w/M1CCT05_S3_7_Tecnicas_e_instrumentos.pdf
- Carvajal, C. (2020). *Lipidos lipoprteínas y aterogénesis* . Obtenido de <https://repositorio.binasss.sa.cr/repositorio/bitstream/handle/20.500.11764/721/lipidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chavarria, O. A. (s.f.). *Ecología política del Pejibaye* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/270/3_9-12.pdf
- Chifarelli, V. (2017). *Tablas de costos para estimar rentabilidad en producción de harina de algarrobo*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/316061885_Tablas_de_costos_para_estimar_rentabilidad_en_produccion_de_harina_de_algarrobo
- Cigna. (2023). *Vitaminas: Funciones y fuentes*. Obtenido de <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/vitaminas-ta3868>

- CIMA. (s.f.). *Molino de martillos* . Obtenido de <https://casadelalicuadoraindustrial.com/tienda/linea-procesamiento/molinos/molino-de-martillos-2hp-y-4hp/>
- CITRUS. (s.f.). *Marmita industrial* . Obtenido de <https://citrus.mx/producto/marmita-industrial-con-automatizacion>
- CROMTEK. (2023). *El control de peso en la industria alimentaria*. Obtenido de <https://www.cromtek.cl/2023/04/10/el-pesaje-en-control-de-calidad-en-industria-de-alimentos/>
- CROMTEK. (2023). *El control de peso en la industria alimentaria*. Obtenido de <https://www.cromtek.cl/2023/04/10/el-pesaje-en-control-de-calidad-en-industria-de-alimentos/>
- Cruz, I. (2022). *Antinutrientes: Inhibidores enzimáticos*. Obtenido de <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/consejos-de-salud-consejos-de-salud/inhibidores-enzimaticos/>
- Díaz, C. (2020). *Influencia del material fino que pasa por el tamiz N°200 (74 μm) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/337273768.pdf>
- Díaz, T. (2019). *Determinación de Cenizas en Una Muestra de Queso Fresco*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/434663185/Determinacion-de-Cenizas-en-Una-Muestra-de-Queso-Fresco>
- DINGO. (2020). *¿Qué son las cenizas de los alimentos?* Obtenido de <https://www.dingonatura.com/que-son-las-cenizas-de-los-alimentos/>
- El país. (2023). *Chontaduro: beneficios y ‘superpoderes’ para la salud de esta fruta tropical*. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/salud/chontaduro-beneficios-y-superpoderes-para-la-salud-de-esta-fruta-tropical-1431.html>
- EMJUVI. (2023). *Secado de alimentos por secadores directos o por convección aire caliente – alimentos deshidratados*. Obtenido de <https://emjuvi.com/blog/p-secado-de-alimentos-por-secadores-directos-o-por-conveccion-aire-caliente-ndash-alimentos-deshidratados>

- Escudero, E. (2006). *La fibra dietética*. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007
- Espinoza, A. (2007). *Anti-nutritional factors present in raw, polished rice*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292007000200003
- Exhibir. (2024). *Molino de martillo inoxidable (36 martillos)*. Obtenido de <https://exhibirequipos.com/producto/molino-de-martillo/#:~:text=%247.300.000%20IVA%20Inc.>
- FAO. (2019). *Norma para la harina y la sémola de maíz sin germen cxs 155-1985*. Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B155-1985%252FCXS_155s.pdf
- FAO. (2022). *Carbohidratos y componentes alimentarios relacionados: identificadores de infood significados y usos*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ah833s/Ah833s26.htm>
- FAO. (2022). *Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0d.htm>
- FAO. (2023). *FAO alerta sobre los desafíos, consecuencias y soluciones frente al fraude alimentario*. Obtenido de <https://www.fao.org/americas/news/news-detail/fao-alerta-sobre-los-desaf%3%ADos--consecuencias-y-soluciones-frente-al-fraude-alimentario/es>
- FAO. (s.f.). *Norma del Codex para Harina de Trigo*. Obtenido de https://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf
- FOOD TECH. (2023). *El etiquetado de alimentos en Costa Rica y sus regulaciones*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/normatividad-y-certificaciones/el-etiquetado-de-alimentos-en-costa-rica-y-sus-regulaciones/>
- García. (2021). *Optimisation of the resource efficiency of food manufacturing via the Internet of Things*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016636152100004X>

- García, J. (2009). *Un nombre asociado a la biología del pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.)*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500001
- GLIndustrial . (2024). *Global Industrial Tolva de carretilla elevadora autodescarga de 2 pies cúbicos con liberación de golpes, tapa de 6000 libras*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Industrial-carretilla-elevadora-autodescarga-liberaci%C3%B3n/dp/B08KWKXRQ1>
- Gómez, D. A. (2010). *Aprovechamiento de la harina de pejibaye en la elaboración de alimentos enriquecidos con compuestos bioactivos beneficiosos y la evaluación de su aceptación sensorial de los consumidores* . Obtenido de <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2528/31856.pdf?sequence=1>
- González, D. (s.f.). *Diseño y selección de procesos* . Obtenido de https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1613/1/08_diseno_procesos.pdf
- Guillén, C. I. (2010). *Percepción sobre el pejibaye y la aceptación de un snack funcional a base de pejibaye (bactris gasipaes kunth) por consumidoras costarricenses*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/7082/6767>
- ICN. (2024). *Peso Balanza Romana Digital Industrial 1 Tonelada 1000 Kg*. Obtenido de <https://www.ocompra.com/venezuela/item/peso-balanza-romana-digital-industrial-1-tonelada-1000-kg-745936599/>
- IICA. (2002). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo de los procesos institucionales*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21020>
- IKE. (s.f.). *Deshidratador de aire caliente* . Obtenido de <https://es.ike.cn/wrh-100b-middle-temperature-stainless-steel-fruit-and-vegetable-dehydrator>
- INA. (2016). *Harinas*. Obtenido de <https://www.inapide.ac.cr/mod/book/view.php?id=71580&chapterid=2965#:~:text=La%20humedad%20aproximada%20en%20algunas,de%20absorci%C3%B3n%20de%20agua%20aumenta.>

- INCOTEC . (2020). *NTC 2799:2020*. Obtenido de <https://wdn2.ipublishcentral.com//hipertexto500148/viewinsidehtml/501554001339525>
- Ingelsten, E. (2021). *Raw Material Management Strategies for Waste Reduction*. Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1782168/FULLTEXT01.pdf>
- INNOGRAIN. (2020). *Calidad de las harinas*. Obtenido de <https://innograin.uva.es/2020/09/22/calidad-de-harinas-i/>
- INNOGRAIN. (2020). *Calidad de las harinas (proteínas)*. Obtenido de <https://innograin.uva.es/2020/11/10/calidad-de-harinas-ii-proteinas/>
- INTEC. (2019). *Conservación de alimentos* . Obtenido de https://intec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/15/2019/09/depiante_conservacion_de_alimentos_201909.pdf
- Jain, N. (2023). *¿Qué es un diseño de investigación? Definición, tipos, métodos y ejemplos*. Obtenido de <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-el-diseno-de-la-investigacion/>
- Jiang, Q. (2022). *Gamma-tocopherol, a major form of vitamin E in diets: Insights into antioxidant and anti-inflammatory effects, mechanisms, and roles in disease management*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8826491/>
- Jiménez, G. A. (2020). *HARINA DEL FRUTO DE PEJIBAYE (Bactris gasipaes Kunth): Una alternativa para la diversificación productiva de los campesinos del sur de Costa Rica. Estudio de caso*. Obtenido de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1610/index.html>
- Jimenez, Y. L. (2016). *Operaciones unitarias en la industria alimentaria* . Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63484/secme-8342.pdf?sequenc>
- Jing, S. (2024). *Effects of Milling Methods on Rice Flour Properties and Rice Product Quality: A Review*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630823001087#:~:text=>

The%20milling%20process%20also%20influences,affect%20the%20overall%20product%20quality.

Konica. (s.f.). *Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B**. Obtenido de <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

La Nación. (2022). *Pejibaye, la fruta con la que se puede producir desde harina hasta vino*. Obtenido de <https://www.eleconomista.net/tendencias/Pejibaye-la-fruta-con-la-que-se-puede-producir-desde-harina-hasta-vino-20221025-0020.html>

LabFerrer. (s.f.). *El mapa de la estabilidad alimentaria pasa por la actividad de agua, aw. Parte I*. Obtenido de <https://blog.actividaddeagua.com/el-mapa-de-la-estabilidad-alimentaria-pasa-por-la-actividad-de-agua-aw-parte-i/>

LABOMERSA. (2021). *Molienda: ¿Para qué se utiliza y cómo se mejora su eficiencia?* Obtenido de <https://labomersa.com/2021/06/02/molienda-para-que-se-utiliza-y-como-se-mejora-su-eficiencia/>

Lirola, A. (2024). *Betacaroteno o provitamina a: beneficios, biodisponibilidad y suplementos*. Obtenido de <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/consejos-de-salud-consejos-de-salud/betacaroteno-fuente-vitamina-a/>

Lopez, S. (s.f.). *Determinación en forrajes del contenido en fibra neutro detergente y de sus componentes: validación del método ANKOM®*. Obtenido de https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/1999/comunicaciones/1999_NyA_49.pdf

MAG. (2018). *Agencia de extensión Jimenez*. Obtenido de <https://drco-mag.yolasite.com/Jim%C3%A9nez.php>

MAG. (s.f.). *Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mag.go.cr/regiones/central_oriental/AEA-jimenez.pdf

Márquez, B. (2014). *Ceniza y Grasas*. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>

- Martin, F. (2023). *El control de los procesos en restauración colectiva: utilización del diagrama de flujo*. Obtenido de <https://www.restauracioncolectiva.com/n/el-control-de-los-procesos-en-restauracion-colectiva-utilizacion-del-diagrama-de-flujo>
- Martinez, A. (2006). *Proteínas y péptidos en nutrición enteral*. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500002
- Martínez, E. G. (s.f.). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf>
- MartinMAQ. (s.f.). *Tolvas de recepción*. Obtenido de <https://www.martinmaq.com/data/pdf/tolvas-de-recepcion-serie-tri.pdf>
- Mata, L. (2011). *Tabla de composición de materias primas usada en alimentos para animales*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/28813/Documento%20completo?sequence=1&isAllowed=y>
- MedllinePlus. (s.f.). *Prueba de vitamina E (tocoferol)*. Obtenido de [https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-vitamina-e-tocoferol/#:~:text=La%20vitamina%20E%20\(tambi%C3%A9n%20conocida,pueda%20combatir%20infecciones%20por%20g%C3%A9rmenes](https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-vitamina-e-tocoferol/#:~:text=La%20vitamina%20E%20(tambi%C3%A9n%20conocida,pueda%20combatir%20infecciones%20por%20g%C3%A9rmenes).
- Melendez, A. (2010). *Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200003
- Melo, A. (2022). *Recepción, muestreo y almacenamiento de materias primas*. Obtenido de https://www.3tres3.com/latam/articulos/recepcion-muestreo-y-almacenamiento-de-materias-primas_14394/
- MIDEPLAN. (2009). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://theily.files.wordpress.com/2009/09/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>

- MIDEPLAN. (2017). *Índice de desarrollo social* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://accionesocial.ucr.ac.cr/sites/default/files/documentos/ids_2017-ilovepdf-compressed.pdf
- Miranda, W. E. (s.f.). *Etiquetado nutricional de productos alimenticios pre-empacados para consumo humano para población a partir de 3 años*. Obtenido de [https://registrelo.go.cr/cfm/ms/documentos/conferencias/alimentos/Etiquetado %20Nutricional% 20de% 20Productos% 20Alimenticios.pdf](https://registrelo.go.cr/cfm/ms/documentos/conferencias/alimentos/Etiquetado%20Nutricional%20de%20Productos%20Alimenticios.pdf)
- Morató, N. G. (2008). *El agua en los alimentos* . Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-agua-en-los-alimentos.html>
- Municipalidad de Tucurrique . (2023). *Historia de Tucurrique* . Obtenido de <https://tucurrique.go.cr/nosotros/historia>
- NAP. (2017). *Vitamin E*. Obtenido de <https://nap.nationalacademies.org/read/9810/chapter/8#192>
- Navarro, N. G. (2018). *Estudio Técnico, Elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/no56/estudiotecnico.pdf
- Oliveira, M. (2006). *Use of pejibaye flour (Bactris gasipaes Kunth) in the production of food pastas*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/230112222_Use_of_pejibaye_flour_B actris_gasipaes_Kunth_in_the_production_of_food_pastas](https://www.researchgate.net/publication/230112222_Use_of_pejibaye_flour_Bactris_gasipaes_Kunth_in_the_production_of_food_pastas)
- OMC. (2018). *Comercio y normas alimentarias* . Obtenido de https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/tradefoodfao17_s.pdf
- Oquendo, C. A. (2012). *Experiencias con ganado estabulado utilizando pejibaye (Bactris gasipaes) y frutas tropicales en Costa Rica*. Obtenido de https://www.engormix.com/ganaderia/suplementacion-bovino-carne/experiencias-ganado-estabulado-utilizando_a29396/
- OSU. (2024). *Vitamina E*. Obtenido de <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/vitaminas/vitamina-E>

- Pérez, C. V. (2021). *Ingeniería básica de una planta de producción de 8460 t/año de harina de avena*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/116372/TFG-3442-VALENCIA%20PEREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Este%20proceso%20requiere%20de%20las,%2C%20laminado%2C%20molienda%20y%20en vasado.
- Piedra, M. F. (1995). *Contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye, Bactris gasipaes (Palmae)*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/22417/22585>
- Pimentel, E. (2019). *Los Aspectos Técnicos en la Formulación de Proyectos de Inversión (Parte I)*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/los-aspectos-t%C3%A9cnicos-en-la-formulaci%C3%B3n-de-proyectos-parte-pimentel/?originalSubdomain=es>
- Pozo, N. (2022). *Elementos de costos de producción*. Obtenido de <https://www.sdelsol.com/blog/contabilidad/elementos-del-coste-de-produccion/#:~:text=Para%20calcular%20su%20costo%20debemos,de%20repositorio%20etc.>
- Prió, J. (2024). *Las harinas refinadas y sus efectos en nuestra salud*. Obtenido de https://www.elnacional.cat/es/bienestar/harinas-refinadas-sus-efectos-en-nuestra-salud_1162126_102.html
- PROACCIONA. (2022). *¿Qué es un análisis fisicoquímico en los alimentos?* Obtenido de <https://www.proacciona.es/que-es-un-analisis-fisico-quimico-en-alimentos/>
- PROAIN. (2020). *Aplicación del método kjeldahl*. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/aplicacion-del-metodo-kjeldahl>
- PROCOMER. (2017). *APROASUR y PROCOMER se unen para impulsar la comercialización de pejibaye*. Obtenido de <https://www.procomer.com/noticia/aproasur-y-procomer-se-unen-para-impulsar-comercializacion-de-pejibaye/>

- Rivas, L. (2015). *¿Como determinar las categorias de análisis o variables de estudio de nuestra investigación?* Obtenido de <https://crasesoresproyectos.com/como-determinar-las-categorias-de-analisis-o-las-variables-de-mi-investigacion/>
- Rodrigues, N. (2021). *PMBOK: qué es, para qué sirve, fases y herramientas.* Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-pmbok>
- Rodriguez, A. (2022). *Evaluación nutricional de alimentos y elementos funcionales .* Obtenido de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/76805/75090.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Rodriguez, G. (2015). *Textural and sensory properties of sausages made with red tilapia (Oreochromis sp.) with addition of chontaduro flour (Bactris gasipaes).* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283442288_Textural_and_sensory_properties_of_sausages_made_with_red_tilapia_Oreochromis_sp_with_addition_of_chontaduro_flour_Bactris_gasipaes
- Rojas, H. U. (2002). *Estudio de la deshidratación del pejibaye (Bactris Gasipaes H.B.K) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques.* Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/15745/1/21231.pdf>
- Romero, T. (2014). *Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de harina de pejibaye (Bactris gasipaes Kunth) por parte de la Asociación de Productores de Frutas de la Región Brunca (Asofrubrunca).* . Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18103/Estudio%20de%20factibilidad%20para%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20una%20planta%20procesadora%20de%20harina%20de%20pejibaye%20ASOFRUBRUNCA.pdf?se>
- Salazar, V. C. (2016). *Extracción de aceite de semilla de mora (Rubus adenotrichos) utilizando isopropanol como disolvente y evaluacion de sus propiedades fisicoquimicas de calidad y estabilidad oxidativa.* Obtenido de

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3439/1/40415.pdf>

SAMFULL. (s.f.). *Empacadora*. Obtenido de <https://www.samfulles.com/envasadora-de-harina/flour-doypack-machine.html>

Sarrazín, J. (2014). *El color en los alimentos un criterio de calidad medible*. Obtenido de <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>

Serrano, M. (2011). *Fisiología poscosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de pejibaye (bactris gasipaes kunth) cv*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242011000200006

SINCI. (2019). *Cálculo de la eficiencia de manufactura en el sector alimentos y bebidas: Ejemplo práctico*. Obtenido de <https://sinci.com/calculo-de-la-eficiencia-de-manufactura-en-el-sector-alimentos-y-bebidas-ejemplo-practico/>

Solano, F. (2020). *Ficha técnica de productos alimenticios. La importancia de cumplir con la normativa y con tus clientes*. Obtenido de <https://galper.com/ficha-tecnica-de-productos-alimenticios-la-importancia-de-cumplir-con-la-normativa/>

Tirado, D. (2015). *Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art02.pdf>

Tontul, I. (2017). *Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417300729>

Torre, V. L. (2016). *Secador de bandejas para hierbas aromáticas dedicado a la microindustria*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5516/1/04%20MEC%20126%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Torres, I. (2019). *Diagrama de Flujo, una herramienta infalible para visualizar, esquematizar y mejorar tus procesos*. Obtenido de <https://iveconsultores.com/diagrama-de-flujo/>

- Towpack. (2022). *Elevador de cangilones*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/zhongshan-to-u-packaging-machinery-co-ltd/product-99729-2614208.html>
- UCIPFG. (s.f.). *El estudio técnico*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ucipfg.com/Repositorio/MIA/MIA-01/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad2/lecturas/Capitulo_del_Estudio_Tecnico.pdf
- UCR. (2019). *Bactris gasipaes*. Obtenido de <https://jmo.biologia.ucr.ac.cr/bactris-gasipaes/#:~:text=El%20pejibaye%20es%20una%20palma,fue%20una%20palma%20domesticada%20y>
- UCR. (2023). *La Feria del Pejibaye en Tucurrique*. Obtenido de <https://alimentacionycultura.ucr.ac.cr/index.php/2023/02/14/la-feria-del-pejibaye-en-tucurrique/>
- UCR. (s.f.). *Laboratorio de Química*. Obtenido de <https://cina.ucr.ac.cr/index.php/es/servicios/laboratorio-de-quimica>
- Ugalde, J. A. (2008). *Diversidad genética y relaciones de parentesco de las poblaciones silvestres y cultivadas de pejibaye (Bactris gasipaes, Palmae), utilizando marcadores microsatelitales*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000100016
- UNAM . (s.f.). *Estudio tecnico elemento insipensable en la evaluacion de proyectos de inversion*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/no56/estudiotecnico.pdf>
- UNAM. (2020). *Concepto y Oportunidades de los Proyectos de Inversión*. Obtenido de https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/803/mod_resource/content/1/contenido/index.html
- Unicen . (2016). *El Agua*. Obtenido de https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Apunte_Actividad_de_agua.pdf

- UNSA. (2014). *Deterioro y conservacion de alimentos* . Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d3e56e4f-fc6e-47d4-b094-afb3fc67598f/content>
- US. (2021). *Investigación cualitativa y cuantitativa: características, ventajas y limitaciones*. Obtenido de <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/cualitativa-y-cuantitativa.html>
- Vega, G. (2022). *Medición de color en alimentos para una mejor calidad, consistencia y apariencia*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/medicion-de-color-en-alimentos-para-una-mejor-calidad-consistencia-y-apariencia/>
- Velásquez, V. D. (2007). *Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa Extractos Naturales Gelymar S.A* . Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>
- VIRESA. (2021). *Determinación de grasas en alimentos método Soxhlet y Goldfish*. Obtenido de https://viresa.com.mx/blog_determinacion_grasas_soxhlet_goldfish
- YAMUNIA. (2024). *Cuchillo para Carne Dynamic Tramontina T22902107*. Obtenido de <https://www.yamunienlinea.com/products/3168/cuchillo-para-carne-dynamic-tramontina-t22902107>
- Zingal . (s.f.). *Tina industrial de lavado* . Obtenido de <https://www.grupozingal.co/producto/tanque-de-lavado-de-frutas-300-500-kg/>
- Zumbado, M. (1984). *Composition and nutritive value of pejibaye (Bactris gasipaes) in animal feeds* . Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24773/24988>

Capítulo VII. Apéndices y Anexos

7.1. Apéndices

Tabla 27

Control sobre la etapa de cocción

Muestra	Hora	T del agua (°C)	T Interno del pejibaye (°C)
1	09:03	81,1	24
2	09:18	88,2	49,3
3	09:33	88,3	76,7
4	09:48	88	85,1
5	10:03	87,8	86,6
6	10:12	87,5	87,7
7	10:20	87,7	87,8

Tabla 28

Control sobre rendimientos por etapa

Etapa	Peso inicial (g)	Peso final (g)	PF-PI (g)	Rendimiento (%)	Tiempo(min)
Selección	6430	6430	0	100%	14
Desmillado	6514	5898	616	90,54%	22
Procesado	5898	5766	132	97,76%	10
Secado	5766	2006	3760	34,79%	900
Molido	2006,0	2002,6	3,4	99,83%	20

Tabla 29

Control sobre etapa de secado

Tiempo (h)	Bandeja (g)	Bandeja + pejibaye (g)	Bandeja 1 + pejibaye (g)	Bandeja 2 + pejibaye (g)	Bandeja 3 + pejibaye (g)	Bandeja 4 + pejibaye (g)	Bandeja 5 + pejibaye (g)	Bandeja 6 + pejibaye (g)
1	1090	1618	1522	1452	1380	1316	1298	1274
2	1082	1790	1728	1682	1616	1544	1494	1332
3	1084	1832	1688	1604	1544	1464	1432	1344
4	1092	1860	1782	1730	1688	1624	1578	1372
5	1086	1828	1636	1542	1500	1446	1410	1350
6	1050	1900	1804	1744	1710	1650	1598	1370
7	1084	1682	1482	1418	1390	1364	1350	1294
8	1094	1918	1772	1694	1662	1610	1566	1390

Tabla 30*Control sobre el aw*

Muestra	aw	aw promedio
A1	0,2568	
A1	0,2681	0,2643
A1	0,2681	
A2	0,2371	
A2	0,2484	0,2418
A2	0,2398	

Tabla 31*Control parámetros de estufa para medir humedad para lote #1*

Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia (g)	Humedad (%)
A1	9,3781	8,863	0,5151	5,49%
A1	2,7894	2,6463	0,1431	5,13%
A1	2,4739	2,3487	0,1252	5,06%
A2	8,6572	8,2464	0,4108	4,75%
A2	2,56	2,386	0,174	6,80%
A2	2,57	2,4217	0,1483	5,77%

Tabla 32*Datos iniciales determinación de proteína*

Muestra	Peso vidrio reloj (g)	Peso vidrio reloj + muestra (g)	Muestra (g)	Sacando muestra (g)	Muestra agregada (g)
A.1.a	35,8528	37,3336	1,4808	36,2685	1,0651
A.1.b	35,8528	36,266	0,4132	35,8581	1,3079
A.2.a	35,8807	37,9201	2,0394	36,8744	1,0457
A.2.b	35,8807	38,0686	2,1879	37,059	1,0096
A2.c	35,8807	37,059	1,1783	35,9142	1,1448
A3.a	35,8637	39,9691	4,1054	38,7099	1,2592
A.3.b	35,8637	38,7244	2,8607	37,505	1,2194
A3.c	35,8637	37,5042	1,6405	36,4463	1,0579
A4.a	35,8259	37,9053	2,0794	36,8673	1,0380
A.4.b	35,8259	36,8805	1,0546	35,8626	1,0179
A4.c	35,8259	36,9454	1,1195	35,9266	1,0188

Tabla 33*Parámetros determinación de proteína*

Muestra	Volumen	Volumen	Volumen	Determinación		Proteína promedio (%)
	inicial (mL)	Final (mL)	vertido (mL)			
A.1.a	1,4	7,8	6,4	0,85	5,37	
A.1.b	7,8	16,2	8,4	0,91	5,74	5,55
A.2.a	16,2	23,8	7,6	1,03	6,49	
A.2.b	23,8	37,9	14,1	1,99	12,48	
A2.c	3,6	14,5	10,9	1,36	8,50	9,16
A3.a	14,5	21,9	7,4	0,84	5,25	
A.3.b	21,9	29,2	7,3	0,85	5,35	
A3.c	29,2	35,8	6,6	0,89	5,57	5,39
A4.a	0,4	7,3	6,9	0,95	5,94	
A.4.b	7,3	15	7,7	1,08	6,76	6,01
A4.c	15	21,1	6,1	0,85	5,35	

Tabla 34*Control de parámetros determinación de grasa*

Muestra	Peso	Peso	Peso	Diferencia (g)	Peso	Grasa (%)
	Capsula (g)	Inicial (g)	Final (g)		residual (g)	
A1	0,50	1,50	1,01	0,48	0,97	3,62
A2	0,49	1,56	1,51	0,05	1,44	6,31
A3	0,44	1,67	1,64	0,02	1,59	3,72
A4	0,49	1,8	1,80	0,02	1,73	5,31

Tabla 35*Control de parámetros determinación de ceniza*

Muestra	Masa Crisol + muestra (g)	Masa calcinación (g)	post Masa muestra (g)	Masa inorgánica (g)	Masa orgánica (g)	Ceniza (%)
27,68	32,52	27,70	4,85	0,03	4,82	0,56
26,70	33,54	26,83	6,84	0,13	6,71	1,89
27,57	35,20	27,75	7,63	0,19	7,44	2,45
27,60	34,11	27,69	6,50	0,09	6,41	1,40

Tabla 36*Control parámetros determinación de carbohidratos*

Muestra	Humedad	%Fibra	%grasa	%ceniza	%Proteína	%ELN
A1	8,3	3,1149876	3,62	0,5612298	5,5556983	78,85
A2	8,2	3,7303485	6,31	1,8912875	9,1631917	70,71
A3	5,2	3,1268287	3,72	2,4455133	5,3933418	80,11
A4	8,1	3,7666404	5,31	1,4005904	6,0182292	75,40

Tabla 37*Control parámetros tamiz para lote #1*

Muestra	Tamaño	Número de tamiz	Peso inicial (g)	Peso final (g)	PF-PI (g)	Proporción
1	106 µm	140	310,5	311,5	1	0,99%
2	150 µm	100	319,5	329,5	10	9,90%
3	250 µm	60	328	375	47	46,53%
4	300 µm	50	335,5	360,5	25	24,75%
5	425 µm	40	354	371,5	17,5	17,33%
6	850 µm	20	380	380,5	0,50	0,50%

Tabla 38*Control tamiz para lote #2*

Muestra	Tamaño	Número de tamiz	Peso inicial (g)	Peso final (g)	PF-PI (g)	Proporción
1	106 µm	140	311	311,2	0	0,20%
2	150 µm	100	319,5	325,8	6,3	6,24%
3	250 µm	60	328,2	390,2	62	61,39%
4	300 µm	50	335,8	362,2	26,4	26,14%
5	425 µm	40	354,4	358	3,6	3,56%
6	850 µm	20	379,8	381,2	1,40	1,39%

Tabla 39
Control parámetros de colorimetría

Muestra	L	Promedio L	A	Promedio A	B	Promedio B
1	32,36		-0,321		24,32	
2	29,41		-0,306		20,48	
3	30,39		-0,252		21,88	
4	31,18		-0,220		22,21	
5	31,82	30,73625	-0,367	-0,2838	23,62	22,0925
6	30,34		-0,257		21,65	
7	30,17		-0,251		21,21	
8	30,22		-0,297		21,37	

7.2. Anexos

Figura 43
Cotización elevador de cangilones

Juego de Herramientas de elevación,
No hay reseñas aún



1 - 4 conjuntos >= 5 conjuntos
USD 2 925,00 USD 2 835,00

Variaciones
Opciones totales: 1 Tipo; 1 Ca... [Seleccionar ahora](#)

1. Tipo(1): Cinta transportadora de cangilones

2. Capacidad de Carga(1): 3.1L-23.5 L

3. Número de Modelo(1)

Envío
Seller's Shipping Method 1 [Cambiar](#)
Total del envío: EUR 4 000,00 por 1 conjunto
Fotos estimadas por el vendedor

Figura 44
Cotización balanza grande

Informações

Produto ID: 745936599
Compra Direta - US\$ 299.99
Condição: Novo
Produtos Disponíveis:
Localização: Barcelona - Anzoátegui
Finaliza Em: 01-01-1970 00:00:00
Unidades Vendidas:

Especificações

Marca:
Tipo de pantalla de la balanza digital:
Tipo de producto: Industrial
Es colgable:
Condición del ítem: Nuevo
Línea:
Tara máxima:
Peso máximo soportado: 1000 kg
Peso mínimo soportado:
Modelo:
Tipos de montaje:
Tipo de balanza:
Diámetro de la superficie de apoyo:
Largo de la superficie de apoyo:
Ancho de la superficie de apoyo:
Voltaje:
Con teclado: Sí
Con mástil:
Con impresora: No
Con tecla tara:
Con tecla cero: Sí

Garantia

Sin garantia

Vendedor

Vendedor: BALLOONAZO
Total De Ventas: 4276
Localização: Barcelona - Anzoátegui
Recomendações Positivas: 100%
[Visita anuncios del vendedor](#)

Figura 45
Cotización balanza mediana



Báscula Industrial Plataforma De Piso,
 200Gr/600Kg

FOREVER SCALES | Código: BA5007.1

[f](#)
[p](#)
[t](#)
[e](#)

Precio: **₡ 171.579,86**
 Impuestos incluidos. Gastos de envío calculados en el Checkout.

Stock: ● Agotado

Cantidad:

Figura 46
Cotización de tolvas de recepción



Global Industrial Tolva de carretilla elevadora
 autodescarga de 2 pies cúbicos con liberación de
 golpes, tapa de 6000 libras.

[Visita la tienda de Global Industrial](#)
[Buscar en esta página](#)

Entrega y asistencia
 Selecciona para obtener más información


[Atención al Cliente](#)

**No puede enviarse este producto al punto de entrega seleccionado.
 Selecciona un punto de entrega diferente.**

Capacidad de carga	6000 Libras
Marca	Global Industrial
Color	Azul & negro
Peso del artículo	826 Libras
Dimensiones del artículo LxWxH	68,31 x 56 x 51,81 pulgadas

Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Figura 47
Cotización de marmita

Pasa el mouse por encima para acercar

Compartir

Variaciones
Opciones totales: 7 Número d... [Seleccionar ahora](#)

1. Número de Modelo(7)

MYONLY-50 MYONLY-100 MYONLY-200

Envío
Seller's Shipping Method 1 [Cambiar](#)
Total del envío: EUR 4 689,43 por 1 conjunto
Entrega estimada por ago.21-oct.2

[Iniciar pedido](#) [Añadir al carro de compras](#) [✉](#)

¿Sigues decidiendo? ¡Consigue muestras primero!
[Pedir muestra](#)

Figura 48
Cotización de cuchillos

Cuchillo para Carne Dynamic Tramontina T22902107 Inicio

[Yamuni](#)

Cuchillo para Carne Dynamic Tramontina T22902107

€ 2,130⁰⁰ IVA

Código **T22902107**
Marca: **Tramontina**

- Cuchillo para Carne.
- Lámina de Acero Inoxidable.
- Mango de madera tratada.

Figura 49
Cotización del deshidratador

Horno de curado de PTFE Industrial

No hay reseñas aún

[Changzhou Doing Machine Co., Ltd.](#) - [Verified](#) Fabricante personalizado · 9 yrs · [CN](#)

Cantidad mínima de pedido: 1 conjunto

EUR 4 501,86 - EUR 9 191,29

Variaciones
Opciones totales: 4 Número ... [Seleccionar ahora](#)

1. Número de Modelo(4)

TY151-1 TY151-2 TY151-3 TY151-4

Envío
Las soluciones de envío para la cantidad seleccionada no están disponibles actualmente

[Iniciar solicitud de pedido](#) [Contactar](#) [✉](#)

Beneficios de la memi [Servicio de mensajería](#)

Figura 50
Cotización del molino



In Stock mmar36

Molino de martillo inoxidable (36 martillos)

Precio \$7.300.000 IVA Inc.

Molino de martillo para pulverizar productos secos

Especificaciones técnicas

Referencia	MMAR36
Estructura	Acero inoxidable
Peso	94 Kilos
Dimensiones	

Necesitas asesoría
Chatea con nosotros

[Añadir al carrito](#)

Figura 51
Cotización de la empaadora

Máquina de llenado de polvo Baoneng, 1000g, harina, café, granos de azúcar, embalaje de arroz, máquina de llenado automático de partículas de ración

No hay reseñas aún · 77 pedidos · #20 Los más populares en Máquinas de embalaje multifunción multifuncional

Quanzhou Baoneng Machinery Equipment Co., Ltd. · Verified Producers kustom · 5 yrs · CN

1000g




1 - 9 conjuntos	10 - 29 conjuntos
EUR 1 180,80	EUR 1 059,82
30 - 99 conjuntos	>= 100 conjuntos
EUR 865,67	EUR 287,94

Variaciones
Opciones totales: 1 Potencia;... [Seleccionar ahora](#)

1. Potencia(1): 800w
-
2. Número de Modelo(2)
-

Envío
Las soluciones de envío para la cantidad seleccionada no están disponibles actualmente.