

**APROVECHAMIENTO DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*)
PARA LA OBTENCIÓN DE UN DERIVADO ALIMENTICIO (HARINA).**

JANINNA MELISSA CASTILLO MARTINEZ

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2007**

**APROVECHAMIENTO DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*)
PARA LA OBTENCIÓN DE UN DERIVADO ALIMENTICIO (HARINA).**

JANINNA MELISSA CASTILLO MARTINEZ

**Presentación de Proyecto de Memoria de Grado, requisito previo para optar
al título como INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director Del Proyecto
EDUARDO CABRERA
Ingeniero Pesquero-Especialista en Ciencias y Tecnología de Alimentos**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2007**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santa Marta, Noviembre de 2007

DEDICATORIA

Primero que todo dedico este proyecto a **Dios** que me dio la fortaleza, la perseverancia, la tolerancia y la oportunidad de emprender el camino de mi profesión.

A mi madre **Judith Martínez**, por ser mi guía y apoyo en todos los momentos y además por ser la persona que mas quiero en mi vida.

A mi padre **Isaac Castillo**, por darme la vida y contribuir en mi formación profesional.

A mi tía **Fanny Castillo**, por ser ejemplo de una gran ser humano y profesional, quien me animo a ser una mejor persona.

A mis hermanos **Jennifer** y **Ariel**, por ser quienes me dieron fuerzas para ser una profesional.

A **Javier García**, por brindarme su confianza y apoyo en todo momento.

A mis amigos **Roiser, Dayana, Tatiana, Milagros, Dorita, Melisa, Jelibeth, Arturo, Ricardo, Hermes, jahany, Diana, Maria, Aura y demás compañeros de carrera**, por creer en mí y haberme ayudado a culminar con éxito esta magnifica etapa de mi vida.

A todos gracias.

JANINA CASTILLO MARTÍNEZ.

AGRADECIMIENTOS

La autora de esta memoria de grado da los más sinceros agradecimientos a:

A la **Universidad del Magdalena**, Alma Mater formadora de profesionales, quien me permitió terminar mi carrera como Ingeniera Industrial.

A **Eduardo Cabrera Durán**, Ingeniero Pesquero, Director de la Memoria de Grado. Gracias por sus aportes, asesorías, consejos y paciencia.

A los Jurados **Armando Lacera Rúa** e **Irma Quintero** quienes con sus recomendaciones y aportes permitieron el desarrollo de este proyecto.

A **Rafael García** y **Edith Gordón**, Coordinadores del Laboratorio de Química de la Universidad del Magdalena por su colaboración y por facilitarme la información requerida.

A la **Dirección del Programa de Ingeniería Industrial** por su apoyo, colaboración y disposición en el desarrollo de este proyecto.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron para culminar satisfactoriamente el presente trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

| | <u>Pág.</u> |
|--|--------------------|
| PRESENTACIÓN | 19 |
| INTRODUCCIÓN | 21 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 22 |
| 2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 24 |
| 2.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 24 |
| 2.1.1 Fuentes de información primaria | 24 |
| 2.1.2 Fuente de información secundaria | 24 |
| 2.1.3 Técnicas y procedimientos de análisis | 24 |
| 3. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO GEOGRAFICO Y TEMPORAL DEL ESTUDIO | 24 |
| 3.1 UNIVERSO GEOGRÁFICO | 24 |
| 3.2 UNIVERSO TEMPORAL | 25 |
| 4. ESTADO DE DESARROLLO O ANTECEDENTES | 26 |
| 5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 34 |
| 5.1 OBTENCION DE HARINA A PARTIR DE LAS FRUTAS | 34 |
| 5.2 FACTORES EN UNA MATERIA PRIMA DE CALIDAD | 34 |
| 5.3 ALMACENAMIENTO | 35 |
| 5.4 DESHIDRATACIÓN | 35 |
| 5.5 PRINCIPIOS INHERENTES A LA DESHIDRATACION DE LOS ALIMENTOS | 36 |
| 5.5.1 Velocidad de secado | 39 |
| 5.5.2 Desección con aire | 40 |
| 5.5.3 Tiempo de secado | 40 |
| 5.6 MÉTODOS DE DESECACIÓN ARTIFICIAL | 40 |
| 5.6.1 Deshidratación artificial | 40 |

| | | |
|----------|---|----|
| 5.6.2 | Deshidratación con aire caliente | 41 |
| 5.6.3 | Deshidratación por contacto directo con la superficie caliente | 41 |
| 5.6.4 | Deshidratación al vacío | 41 |
| 5.6.5 | Deshidratación por aire frío | 41 |
| 5.6.6 | Deshidratación por energía solar | 42 |
| 5.7 | EFFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LOS ALIMENTOS | 42 |
| 5.7.1 | Influencia de la deshidratación sobre las proteínas | 43 |
| 5.7.2 | Influencia de la deshidratación sobre las grasas | 43 |
| 5.7.3 | Influencia de la deshidratación sobre los carbohidratos | 43 |
| 5.7.4 | Influencia de la deshidratación sobre los pigmentos en los alimentos | 43 |
| 5.8 | FRUTA DE ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 44 |
| 5.8.1 | Descripción Morfológica | 44 |
| 5.8.2 | Hábitat | 46 |
| 5.8.3 | Temperatura | 46 |
| 5.8.4 | Cultivo | 46 |
| 5.8.5 | Fruto de pan | 47 |
| 5.8.6 | Índice de madurez | 48 |
| 5.8.7 | Índices de calidad | 48 |
| 5.8.8 | Humedad relativa optima | 48 |
| 5.8.9 | Tasa de Respiración | 48 |
| 5.8.10 | Clima | 48 |
| 5.8.11 | Desórdenes fisiológicos | 48 |
| 5.8.12 | Enfermedades | 49 |
| 5.8.13 | Cultivariedad del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 49 |
| 5.8.13.1 | Árbol de pan con semillas | 49 |
| 5.8.13.2 | Árbol del pan sin semillas | 50 |
| 5.9 | SISTEMA DE ANALISIS DE FACTORES DE RIESGO E IDENTIFICACION DE PUNTO CRITICOS DE CONTROL | 54 |

| | |
|--|----|
| 5.9.1 Estructura del sistema | 54 |
| 5.9.1.1 Identificación, análisis y evaluación de factores de riesgo | 54 |
| 5.9.1.2 Determinación de puntos críticos de control. | 55 |
| 5.9.1.3 Selección de criterios para el control. | 55 |
| 5.9.1.4 Monitorización. | 56 |
| 5.9.1.5 Verificación. | 56 |
| 6. JUSTIFICACIÓN | 57 |
| 7. OBJETIVO | 58 |
| 7.1 OBJETIVO GENERAL | 58 |
| 7.2 OBJETIVO ESPECIFICO | 58 |
| 8. FORMULACIÓN Y GRAFICACIÓN DE HIPOTESIS | 61 |
| 8.1 GRAFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 61 |
| 9 SELECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS | 63 |
| 9.1.1 Variable Dependiente | 63 |
| 9.1.2 Variable Dependiente Interviniente | 63 |
| 9.1.3 Variable Independiente Cuantitativa | 63 |
| 9.1.4 Variable Independiente Cualitativa | 63 |
| 10. LIMITACIONES | 64 |
| 11 DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN | 64 |
| 11.1 METODOLOGÍA. | 64 |
| 11.1.1 Procedimiento General | 67 |
| 11.1.1.1 Equipos necesarios en el procesamiento la harina de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 67 |
| 11.1.1.1.1 Balanza analítica | 67 |
| 11.1.1.1.2 Balanza de humedad | 67 |
| 11.1.1.1.3 Deshidratador | 68 |
| 11.1.1.1.4 Horno mufla. | 68 |

| | |
|---|----|
| 11.1.1.1.5 Refractómetro. | 69 |
| 11.1.1.1.6 Potenciómetro | 70 |
| 11.1.1.2 Adquisición y recepción de materia prima | 70 |
| 11.1.1.3 Pesaje | 71 |
| 11.1.1.4 Lavado | 71 |
| 11.1.1.5 Selección | 72 |
| 11.1.1.6 Características organolépticas de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) en los diferentes estados de maduración | 72 |
| 11.1.1.7 Análisis físicos-químicos de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) en los diferentes estados de maduración | 72 |
| 11.1.1.7.1 Determinación de los grados Brix. | 73 |
| 11.1.1.7.2 Determinación de porcentaje de acidez. | 73 |
| 11.1.1.8 Pelado o adecuación | 73 |
| 11.1.1.9 Pesaje | 74 |
| 11.1.1.10 Deshidratación | 75 |
| 11.1.1.11 Pesaje | 76 |
| 11.1.1.12 Molienda | 77 |
| 11.1.1.13 Empaque | 77 |
| 11.1.1.14 Almacenamiento | 78 |
| 11.1.2 Determinación del rendimiento porcentual de la harina producida a partir del número total de frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 78 |
| 11.1.3 Determinación de la cantidad de agua eliminada durante proceso de deshidratación | 78 |
| 11.1.4 Control de calidad de la harina elaborada con el fruto del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 78 |
| 11.1.4.1 Análisis HACCP para el procesamiento de la harina a partir de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 79 |
| 11.1.4.2 Análisis bromatológicos | 79 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 11.1.4.2.1 | Determinación de grasa | 79 |
| 11.1.4.2.2 | Determinación de cenizas | 80 |
| 11.1.4.2.3 | Determinación de humedad | 80 |
| 11.1.4.2.4 | Determinación de proteínas | 81 |
| 11.1.4.2.5 | Determinación de carbohidratos | 82 |
| 11.1.4.2.6 | Determinación de fibra | 82 |
| 11.1.4.3 | Análisis microbiológico | 83 |
| 11.1.4.4 | Análisis microscópico | 83 |
| 11.1.4.5 | Examen sensorial | 83 |
| 11.1.5 | Determinación de los costos preliminares de producción de harina a partir de la fruta de árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) y de los cuatro productos alimenticios derivados | 85 |
| 12. | RESULTADOS Y DISCUSION | 86 |
| 12.1 | PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN(<i>Artocarpus altilis</i>) | 86 |
| 12.1.1 | Adquisición y recepción de materia prima. | 86 |
| 12.1.2 | Pesaje. | 86 |
| 12.1.3 | Lavado | 86 |
| 12.1.4 | Selección. | 86 |
| 12.1.5 | Pelado ó Adecuación. | 88 |
| 12.1.6 | Pesaje. | 88 |
| 12.1.7 | Deshidratación | 95 |
| 12.1.8 | Pesaje | 95 |
| 12.1.9 | Molienda | 99 |
| 12.2 | RENDIMIENTO PORCENTUAL DE LA HARINA PRODUCIDA A PARTIR DEL NUMERO TOTAL DE FRUTAS DEL ARBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 102 |
| 12.3 | DETERMINAR LA CANTIDAD DE AGUA QUE ELIMINA LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 103 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 12.4 | GRADO DE MADUREZ DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 105 |
| 12.5 | ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN | 107 |
| 12.5.1 | Cambios en el contenido de sólidos solubles totales (Brix). | 107 |
| 12.5.2 | Cambio de acidez. | 108 |
| 12.6 | CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN | 108 |
| 12.6.1 | Color | 108 |
| 12.6.2 | Sabor y aroma | 109 |
| 12.6.3 | Textura | 110 |
| 12.7 | CONTROL DE CALIDAD DE LA HARINA ELABORADA CON LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 112 |
| 12.7.1 | Análisis H.A.C.C.P para el procesamiento de la harina a partir de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 112 |
| 12.7.1.1 | Recepción de materia prima | 114 |
| 12.7.1.2 | Pesaje | 114 |
| 12.7.1.3 | Lavado | 114 |
| 12.7.1.4 | Selección | 114 |
| 12.7.1.5 | Pelado | 114 |
| 12.7.1.6 | Pesaje | 114 |
| 12.7.1.7 | Deshidratación. | 115 |
| 12.7.1.8 | Pesaje. | 115 |
| 12.7.1.9 | Molienda. | 115 |
| 12.7.1.10 | Empaque. | 115 |
| 12.7.1.11 | Almacenamiento | 115 |
| 12.7.2 | Examen microscópico | 116 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 12.7.3 | Análisis bromatológico | 117 |
| 12.7.4 | Resultados microbiológicos | 119 |
| 12.7.5 | Análisis sensorial | 120 |
| 12.8 | ANÁLISIS DE COSTOS PRELIMINARES PARA LA ELABORACIÓN DE LA HARINA DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) Y DE LOS CUATRO PRODUCTOS ALIMENTICIOS DERIVADOS. | 129 |
| 12.7.2 | Costos preliminares para la elaboración de la harina de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 129 |
| 12.7.3 | Análisis de costos preliminares para la elaboración de los cuatro productos alimenticios derivados. | 130 |
| 12.8.2.1 | Empanada | 130 |
| 12.8.2.2 | Buñuelo | 131 |
| 12.8.2.3 | Arepa | 132 |
| 12.8.2.4 | Dedito | 133 |
| | CONCLUSIONES | 135 |
| | RECOMENDACIONES | 137 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 138 |
| | ANEXOS | 141 |

LISTA DE TABLAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Composición de harinas y rendimientos en la proteína aislada de granos de leguminosas (expresados en base seca) | 28 |
| Tabla 2. Alimentos posibles de formular con harina de yuca | 29 |
| Tabla 3. Composición bromatológica de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 47 |
| Tabla 4. Distribución porcentual en peso de las partes compuestas de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) con semilla | 50 |
| Tabla 5. Composición del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) sin semilla | 51 |
| Tabla 6. Valor bromatológico de la fruta árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) sin semillas | 52 |
| Tabla 7. Valores bromatológicos parciales del fruto y la harina de la semilla del fruto del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>), comparadas con otras materias vegetales alimenticias | 53 |
| Tabla 8. Apropiación Social Del Conocimiento | 59 |
| Tabla 9. Impactos esperados a partir de los resultados | 60 |
| Tabla 10. Muestreo 1 de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 87 |
| Tabla 11. Muestreo 2 de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 87 |
| Tabla 12. Muestreo 3 de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 87 |
| Tabla 13. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 1 | 89 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 14. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 2 | 91 |
| Tabla 15. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 3 | 95 |
| Tabla 16. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 1 | 96 |
| Tabla 17. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 2 | 97 |
| Tabla 18. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 3 | 98 |
| Tabla 19. Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 1 | 99 |
| Tabla 20. Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 2 | 100 |
| Tabla 21. Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) muestreo 3 | 101 |
| Tabla 22. Peso total de los componentes de la frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 103 |
| Tabla 23. Determinación porcentual del agua eliminada por las frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) de los diferentes muestreos 1, 2 y 3 | 104 |
| Tabla 24. Porcentaje de sólidos solubles totales (oBrix) presentes en cada uno de los grados de madurez de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 107 |
| Tabla 25. Porcentaje de acidez expresada en pH presente en cada uno de los grados de madurez de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 108 |
| Tabla 26. Color de la cáscara y la pulpa de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) en cada uno de los grados de maduración | 109 |
| Tabla 27. Sabor y aroma característicos en cada uno de los grados | 110 |

de madurez de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

| | |
|---|-----|
| Tabla 28. Textura presentada en cada uno de los grados de maduración de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 111 |
| Tabla 29. Contenido bromatológico de la harina de la fruta de árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) sin semillas | 117 |
| Tabla 30. Comparación entre los componentes bromatológicos de harina de la fruta de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) y harinas de otras especies vegetales | 118 |
| Tabla 31. Microorganismos patógenos presentes en la muestra de la harina de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 119 |
| Tabla 32. Orden de suministros de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>), durante la prueba de degustación (2 de octubre de 2007) | 122 |
| Tabla 33. Frecuencia de soluciones para la característica sabor de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (<i>Artocarpus altilis</i>), evaluados según el Test de Cochran | 123 |
| Tabla 34. Frecuencia de soluciones para la característica olor de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (<i>Artocarpus altilis</i>), evaluados según el Test de Cochran | 126 |
| Tabla 35. Frecuencia de soluciones para la característica textura de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (<i>Artocarpus altilis</i>), evaluados según el Test de Cochran | 128 |
| Tabla 36. Costos variables durante el proceso de la obtención de harina a partir del fruto pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 129 |
| Tabla 37. Costos fijos durante el proceso de la obtención de harina a partir del fruto pan (<i>Artocarpus altilis</i>). | 129 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 38. Costos variables durante el proceso de la obtención de la empanada | 130 |
| Tabla 39. Costos fijos durante el proceso de la obtención de la empanada | 131 |
| Tabla 40. Costos variables durante el proceso de la obtención del buñuelo | 131 |
| Tabla 41. Costos fijos durante el proceso de la obtención de buñuelo. | 132 |
| Tabla 42. Costos variables durante el proceso de la obtención de arepas. | 132 |
| Tabla 43. Costos fijos durante el proceso de la obtención de arepas. | 133 |
| Tabla 44. Costos variables durante el proceso de la obtención del dedito | 133 |
| Tabla 44. Costos variables durante el proceso de la obtención del dedito | 134 |

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Figura 1. Perspectivas agroindustriales | 32 |
| Figura 2. Curva características de secado | 37 |
| Figura 3. Diagrama de flujo obtención de harina a partir del fruto del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 66 |
| Figura 4. Balance de materia prima en la operación de pelado para las frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) del muestreo 1 | 90 |
| Figura 5. Balance de materia prima en la operación de pelado para las frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) del muestreo 2 | 92 |
| Figura 6. Balance de materia prima en la operación de pelado para las frutas del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) del muestreo 3 | 94 |
| Figura 7. Punto críticos de control durante de la producción de harina a partir de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | 113 |
| Figura 8. Apariencia microscópica de los granos de diversas harinas | 116 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|---------------------------|
| Anexo 1. Formato de evaluación sensorial | <u>Pág.</u> 141 |
|--|---------------------------|

PRESENTACION.

El departamento del Magdalena (Colombia), gracias a la diversidad de su climatología permite el crecimiento de diversas especies vegetales de gran valor alimenticio. Por tal razón se desarrolló el presente estudio sobre el árbol de pan (*Artocarpus altilis*) para obtener un derivado alimenticio deseado y molturado (harina).

En el presente estudio se pudo el comparar valor alimenticio de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), con respecto a otras especies vegetales, destacándose sus contenidos en niacina, calcio, potasio e hierro.

El aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), es de gran importancia y puede servir como modelo para investigaciones similares del departamento del Magdalena.

El diseño y desarrollo de técnicas de procesamiento de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) se pueden considerar una alternativa creativa e innovadora en cuanto a la transformación de especies vegetales en alimentos procesados de calidad alimenticia y valor agregado para la población.

En el desarrollo de los aspectos planteados se intentó conseguir los siguientes resultados:

- Definir el estado de maduración idóneo de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) para la obtención de harina de alta calidad.

- Diseño de la línea de procesamiento para obtener el producto molturado a partir del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Obtener una harina a base de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) de óptima calidad, de excelente calidad bromatológica y de contenido alimenticio apto para el consumo humano.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo estuvo orientado a discernir sobre el diseño y desarrollo de un derivado alimenticio como la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), especie vegetal que posee una fruta de alto contenido alimenticio, cultivada en el departamento del Magdalena, Colombia.

El proceso de obtención de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) es sencillo pero, exige ciertos cuidados en su desarrollo y así mismo como el uso de la materia prima adecuada siguiendo los criterios de selección y los cuidados durante el proceso de fabricación son factores necesarios para garantizar la formulación y la elaboración de un producto de calidad.

Así mismo para la fabricación de la harina con calidad, se debe garantizar una adecuada unidad de procesamiento, la utilización de medidas rigurosas de higiene y limpieza diarias de las instalaciones, equipos e instrumentos utilizados en el procesamiento de la materia y del posterior almacenamiento.

Con posterioridad se realizó el análisis bromatológico parcial a la harina resultante para determinar los componentes alimenticios como carbohidratos, fibra, proteína, cenizas y humedad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento del Magdalena cultiva de manera intensiva banano, mango, maíz, yuca, arroz, sorgo, ajonjolí, algodón, coco, cacao, tabaco, plátano y ñame, cultivos explotados en su totalidad, gracias a la diversidad de clima existente y se cultivan otras especies comestibles. No obstante, la falta de mercadeo, industrialización, valor agregado han causado que estas se encuentren como plantaciones silvestres.

El departamento del Magdalena cada día se rezaga frente a otros departamentos históricamente con menor vocación agroindustrial, los cuales han demostrado grandes esfuerzos por ser más competitivos y fomentar el desarrollo industrial.

Existe gran variedad de productos que se han obtenido procesando especies vegetales como el maíz, plátano, ñame, lenteja, yuca; entre ellos, las harinas, basado en sus múltiples beneficios, razón por la cual algunas empresas desarrollan proyectos para producir harinas a partir de otras especies vegetales para brindar a los consumidores nuevas formas de presentación y/o aprovechamiento alimenticio.

La fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), posee un alto valor alimenticio: su contenido proteico (8.80g/ 100g) es mayor que el de la papa (1.90g/100g), la yuca (0.80g/100g), el maíz (7.60g/100g), el plátano (1.20g/100g) y el arroz (7.80g/100g). Además es rico en niacina, calcio, potasio y hierro.

Es decir, este recurso vegetal viable para obtener grandes beneficios y, a través de procesos de transformación, generar nuevos productos alimenticios.

Esta especie arbórea es cultivada por moradores de Ciénaga, la Zona Bananera, Gaira y Mamatoco como “pan coger”. No obstante dado el potencial alimenticio podría ser aprovechada de una mejor forma.

Con base en lo anterior, se puede formular el siguiente interrogante ¿Es apropiado el aprovechamiento de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) para la obtención de un derivado alimenticio molido, destinado al consumo humano?

2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

2.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se realizó a través de dos fuentes de elaboración existentes.

2.1.1 Fuentes de información primaria. Fueron obtenidas por medio de la observación directa del tema objeto de investigación, personas expertas del tema y pruebas de laboratorio.

2.1.2 Fuente de información secundaria. Mediante la revisión de libros, informes, paginas de Internet especializadas y tesis de grados.

2.1.3 Técnicas y procedimientos de análisis. La información recolectada se analizó de una forma sistemática y simple, para dar un sentido coherente y confiable a la investigación.

3. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO GEOGRAFICO Y TEMPORAL DEL ESTUDIO.

3.1 UNIVERSO GEOGRÁFICO.

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Planta Piloto Pesquera, Universidad del Magdalena, ubicada Cr 2 No. 18-27 del corregimiento de Taganga, distrito de Santa Marta.

Santa Marta, capital del Magdalena y Distrito Turístico, Cultural e Histórico, Santa Marta dista de Bogotá 1.286 km; de Riohacha 166 km y de Barranquilla 93km. El perímetro por el norte y el oeste con el Mar Caribe, por el oeste con el departamento de La Guajira y por el sur con los municipios de Aracataca y Ciénaga. Sus coordenadas geográficas son: 11° 14' 50" de latitud norte y 74° 12' 06" de latitud oeste. La altura promedio de la ciudad es de 2 metros sobre el nivel del mar y tiene un área de 2.381 km².

3.2 UNIVERSO TEMPORAL.

La investigación se desarrollo en un lapso de 6 meses a partir de la fecha en la que la que fue aprobada la propuesta ante el Comité de Memoria de Grado.

4. ESTADO DE DESARROLLO O ANTECEDENTES.

Los alimentos son el combustible que proporciona la energía química necesaria para que el organismo realice sus funciones diarias. Las principales fuente de energía para los seres vivos son: carbohidratos, grasas y proteínas, presentes en los cereales, leguminosas y en ciertas frutas, unos con mayor proporción que otros.

El procesamiento a nivel tecnológico de cereales, leguminosas y frutas ha permitido el desarrollo de alimentos aptos para el consumo humano, entre ellos el de harinas, cuya presentación permite aprovecharlas en la preparación de muchas dietas y además, facilita su comercialización. Se pueden obtener harinas de distintos cereales, aunque la más habitual es la de trigo, ingrediente imprescindible para la elaboración del pan, también se fabrican harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz y de arroz.

La harina de trigo es usada en la industria de los productos horneados para la fabricación de de pan, masas dulces, donuts, galletas, cereales para el desayuno, salsas, productos para confitería y pastas (Potter, 1995).

A escala mundial, el arroz es probablemente el cereal más importante en la alimentación humana, “el arroz es molido y convertido en harina lo utilizan, como tal, las personas alérgicas a la harina de trigo (Potter, 1995).

La harina de maíz es un producto de gran demanda en América y es consumida profundamente en Latinoamérica en países como: Colombia, México, Perú y

Venezuela.

Existen harinas de leguminosas, mucho más ricas en proteínas que las obtenidas a partir de cereales. Las leguminosas más utilizadas para la obtención de harinas son: Soya, garbanzos. La primera ha sido, estudiada con profundidad y se han desarrollado muchos procesos para obtener y modificar su proteína con fines alimenticios especiales. Mediante el descascarillado de la semilla y posterior extracción del aceite a baja temperatura, se obtiene una harina apta para la alimentación con un aproximado de proteínas igual a 50g/100g.

La harina de garbanzo es un producto considerado en la India y Pakistán como un alimento muy importante en la cocina, empleado en la elaboración de las pakoras: especie de mezcla frita de verduras. Además, la harina de garbanzo es usada como ingrediente en productos de confitería. Otras leguminosas también son aprovechadas para la elaboración de harinas a través del descascarillado. Ver Tabla 1

Tabla 1. Composición de harinas y rendimientos en la proteína aislada de granos de leguminosas (expresados en base seca).

| Harina De leguminosa | Proteína (g/100g) N X 5.7 | Grasa (g/100g) | Fibra (g/100g) | Aislado proteico | | | | |
|---|---------------------------------|-------------------|-------------------|---|-----------------------|---|----------|---------------------------------|
| | | | | Rendimiento (g / 100 g de harina) | Nitrógeno (g/100g) | Rendimiento (g / 100 g de harina) | Color | Suero N (% de N total) |
| Soja | 39,7 | 23,1 | 2,2 | 4,8 | 36,6 | 15 | Crema | 10,1 |
| Altramuz | 40,8 | 7,9 | 1,5 | 3,1 | 30,8 | 15,2 | Blanco | 21,5 |
| Habas | 30 | 1,5 | 1,4 | 2,9 | 28,2 | 14,9 | Tostado | 18,4 |
| Guisante | 28,6 | 1,6 | 1,7 | 4 | 28,6 | 13,1 | Blanco | 23 |
| Guisante asiático | 24,7 | 0,6 | 0,9 | 3,7 | 26,9 | 14,1 | Amarillo | 11,4 |
| Guisante campestre | 22,7 | 1 | 1,5 | 2,9 | 22,7 | 14 | Crema | 20,5 |
| Phaseolus lunatus ó Phaseolus perennis | 20,00 | 0.90 | 2,1 | 3,8 | 17,90 | 12,5 | Blanco | 32,70 |
| Lenteja | 19,8 | 1,1 | 1,1 | 3,4 | 19 | 13,3 | Crema | 18,2 |
| Garbanzo | 19,2 | 5,6 | 1,3 | 2,6 | 18,5 | 13,6 | Crema | 17,9 |

FUENTE: Fan y Sosulski (1974).

Los tubérculos son alimentos ricos en almidón, valiosas alternativas para producir harinas y féculas. El Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos, (Universidad Simón Bolívar) y el Centro Amazónico de Investigación y Control de Enfermedades Tropicales (CAICET) en Venezuela, realizaron en el año 2006 un trabajo de investigación relacionado con búsqueda de posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del amazonas venezolano (piaroa y hiwi)”, se fabrican harinas a partir de la manaca oacai (*Euterpe oleracea Mart*), de la batata (*Ipomea batatas*), y del ñame (*Dioscorea spp.*), especies vegetales cultivadas en el Amazonas venezolano. Se formularon dos tipos de productos, que tradicionalmente contienen harina de trigo, resultando la harina de manaca con alto contenido de grasa (16g/100g), fibra dietética (59,7g/100) y hierro (73,7mg/100g) de la harina de manaca.

La Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Productos en Costa Rica, describió el potencial de mercado de la harina de yuca para uso de

productos alimenticios diferentes al pan. Así mismo hace referencia a que este alimento puede convertirse en harina de alta calidad para utilizarse como sustituto de las harinas de trigo, maíz y arroz entre otros. Ver tabla 2.

Tabla 2. Alimentos posibles de formular con harina de yuca.

| Alimento | Materia Prima Substituida | Nivel de Sustitución (10%) | Ventajas de Harina de yuca |
|--------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| Galletas | Harina de trigo | 10 | Mas crocante |
| Carnes procesadas | Harina de trigo, almidón agrio de yuca | 100 | Mejor absorción de agua |
| Pan | Harina de trigo, almidón agrio de yuca | 3-20 | Menor costo, mejor sabor |
| Condimentos | Harina de trigo, harina de maíz | 50-100 | Menor costo |
| Pasta de bajo costo | Harina de trigo, harina de maíz | 20-35 | Menor costo |
| Dulces de leche y frutas | Harina de arroz, almidón de maíz | 50-100 | Mas brillante, mejor sabor |

FUENTE: Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. San José, Costa Rica, 2004.

Por otra parte, las frutas también constituyen materia prima para la elaboración de harina de alto valor alimenticio destacándose el plátano, y guineo (Loesecke, 1950).

Dentro de este contexto, para ser procesado en harina se escalda el banano verde en agua a 85°C, por 4-5 minutos con el fin de facilitar el pelado. Puede sumergirse la fruta pelada (verde o madura) en una solución 1-2% de metabisulfito de sodio para evitar el empardeamiento enzimático (Anon, 1960).

El centro de desarrollo industrial (CENDES) del Ecuador realizó un estudio de factibilidad (1966) para el montaje de una productora de harina de banano. En el se informa que la fruta debe cosecharse a $\frac{3}{4}$ de madurez total y procesarse dentro de las siguientes 24 horas. Los bananos se lavan y después escaldan en agua caliente (40-45°C o 70-75°C) para facilitar el pelado manual.

El secado se efectúa en un deshidratador de túnel hasta alcanzar 8% de humedad, lo cual tarda entre 7 y 8 horas con aire entrante a 75°C. La fruta fresca seca se deja enfriar, después se muele y clasifica por tamices, antes de empacarse en sacos con recubrimiento de polietileno.

La harina de banano verde presenta una isoterma de adsorción de humedad semejante a la de otras harinas, conservándose bien con un nivel de humedad inferior al 10%.

Es posible obtener harina a partir de la cáscara del banano, para lo cual ésta es comprimida, amasada y homogenizada; se reforma como migas antes de ser secada y molida para presentarla en forma de harina de tortillas o pan.

En otro proyecto relacionado con la producción de harina de banano en Ciénaga, desarrollado por un estudiante de Programa de Tecnología en Administración Agropecuaria de Universidad Tecnología del Magdalena (1980), se determinaron sus características alimenticias de la harina y la factibilidad de producción de harina en la región, necesaria para contrarrestar el consumo de harinas provenientes del departamento del Choco y del interior del país.

Estados Unidos es el principal importador de plátano fresco y procesado a escala mundial, mientras los principales países proveedores de plátano procesado son:

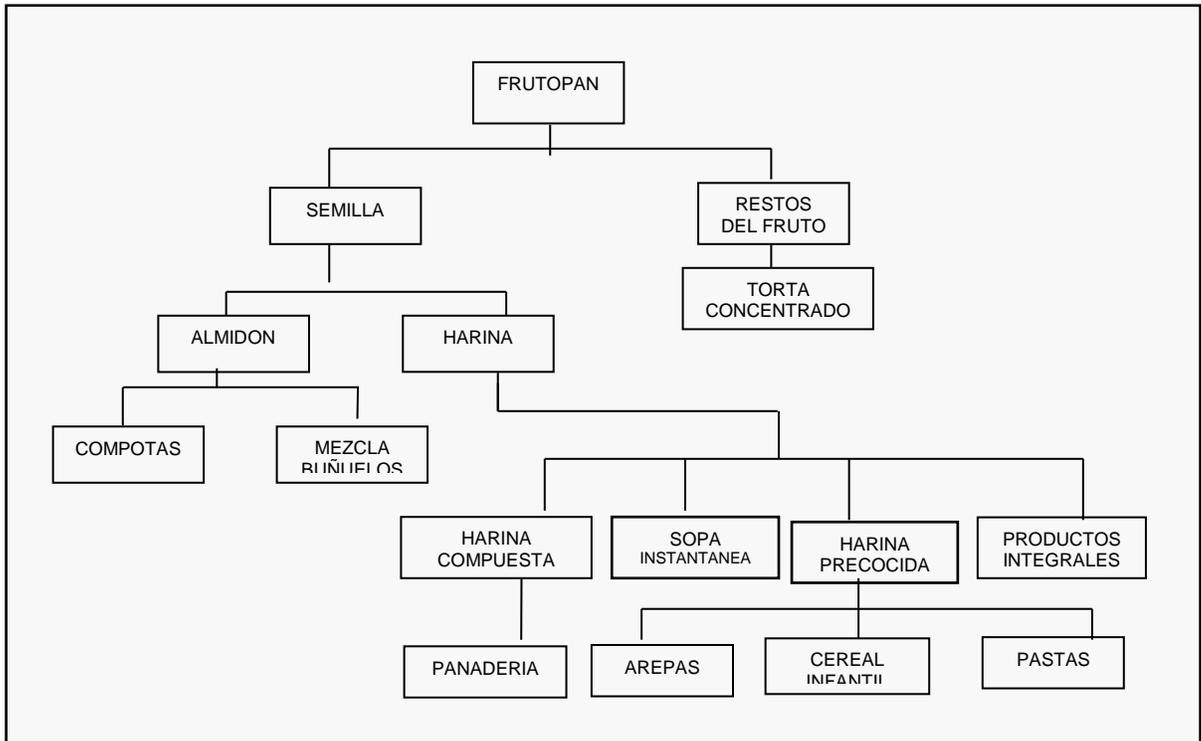
Costa Rica, Ecuador, Honduras, países asiáticos (Filipinas, Hong Kong y Tailandia) y Colombia. En Estados Unidos, cerca de 10% del volumen importado se orienta al procesamiento.

Entre las tres formas de plátano procesado que se exportan a Estados Unidos se encuentra la harina. El plátano congelado se utiliza para la industria de pasabocas, deshidratado y la harina se destinan especialmente a la elaboración de alimentos infantiles.

Los principales exportadores de harina de plátano al mercado estadounidense son Ecuador (56%), Ghana (22%) y Colombia (4.3%). A nivel de la región del Caribe Colombiano se han hecho diversos estudios, entre ellos la factibilidad para el montaje de una planta productora de harina de plátano, en el departamento del Córdoba, realizado por el consultor del Corpes y de la Gobernación de Córdoba en el año 1996, con el fin de determinar si era posible el diseño de la planta, previos estudios de impacto ambiental, de mercado y financiero.

La fruta de pan (*Artocarpus altilis*), base de esta investigación, y otras especies similares han sido estudiada por su potencial para la economía. En Colombia, una publicación de la cartilla de la serie “Flora y Fauna promisorio”, del Convenio Andrés Bello, expone algunos avances acerca del conocimiento del árbol del pan, su historia, cultivo y aprovechamiento, informando que a partir de la semilla de la fruta se produce harina y describe los productos que pueden obtenerse como perspectivas agroindustriales. Ver figura 1

Figura 1. **Perspectivas agroindustriales del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)**



Fuente: ECOALDEA.COM, 2004

Otro estudio referente a la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) fue realizado en la Universidad Distrital de Santafé de Bogotá, D.C entre 1993 y 1996. El proyecto denominado “Cultivo y aprovechamiento del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)”, muestra un compilado de información sobre esta especie y sus grandes beneficios. Entre los cuales se menciona su utilidad como alimento humano debido a su alto contenido de carbohidratos (20 a 35%), calcio, hierro, fósforo y vitaminas C, además se destaca por su importancia en la protección de aguas y suelos.

En Perú, un proyecto sobre la obtención y evaluación de harina de pan del árbol de la especie (*Artocarpus communis*) fue desarrollado en la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimenticias, de la Universidad Nacional de la Amazonia

Peruana (1989).

Se investigó la elaboración de harina utilizando como materia prima la fruta del árbol de pan (*Artocarpus communis*); además, se determinó el procedimiento óptimo para la obtención de harina cuyas características son similares a las del trigo, con rendimiento del 30 %, obteniendo harina apta para el consumo humano.

En India, la harina de semillas de fruta de pan (*Artocarpus heterophyllus*) o harina de dha mezclada con la harina de lentejas es utilizada para la elaboración de papadam un plato de de la cocina védica.

5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

5.1 OBTENCION DE HARINA A PARTIR DE LAS FRUTAS.

La harina es el producto resultante de la deshidratación del fruto y posterior molienda fina. El proceso de transformación más común de la fruta para obtener harina comprende las etapas de recepción, almacenamiento, selección, lavado, pelado, rodajeado, la aplicación de ácido ascórbico para la reducción del pardeamiento enzimático, secado, molienda y empaque.

Durante la fabricación de harina de alta calidad a partir de frutas, se hace necesario contar con materia prima de buena calidad y especial cuidado a los factores que influyen en el proceso de secado y molienda.

5.2 FACTORES EN UNA MATERIA PRIMA DE CALIDAD.

El estado de madurez de las frutas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La cosecha de éstas debe efectuarse en el momento adecuado. La recolección en una época inadecuada favorece el desarrollo de condiciones perjudiciales para la elaboración y conservación del producto.

Una recolección temprana impide la maduración del producto durante el almacenamiento. Además, la fruta demasiado verde es propensa a alteraciones fisiológicas y a una elevada transpiración.

El producto cosechado tardíamente posee un tiempo de conservación menor, y es más sensible a los efectos adversos de la manipulación.

5.3 ALMACENAMIENTO.

Es un aspecto determinante para la calidad de la fruta a procesar. Así por ejemplo, la humedad y calor durante el almacenamiento produce crecimiento de muchos mohos, dañando el material vegetal. Almacenar bajo refrigeración disminuye el fenómeno de respiración y así es posible prolongar la vida útil, permitiendo mayor disponibilidad de materia prima a través del tiempo.

5.4 DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es una operación unitaria de acabado aplicado a los diferentes tipos de alimentos, en especial a frutas y hortalizas fundamentándose en la remoción y extracción de cantidades apropiadas de humedad y/o agua libre, en forma de vapor, efectuándose si la presión parcial de vapor en agua en el medio que rodea el producto que se desea secar, es inferior a la presión de vapor en la superficie del cuerpo húmedo.

Existen diversos métodos de deshidratación cuyas aplicaciones dependen generalmente de la materia prima con que se cuenta y del producto final que se debe obtener. La deshidratación aplicada a un alimento, constituye desde el punto de vista energético, uno de los métodos de remoción de humedad más eficiente, ya que el agua no experimenta un cambio de fase al ser eliminado. Además, este proceso mejora la calidad sensorial del producto final (Bolin et al, 1993).

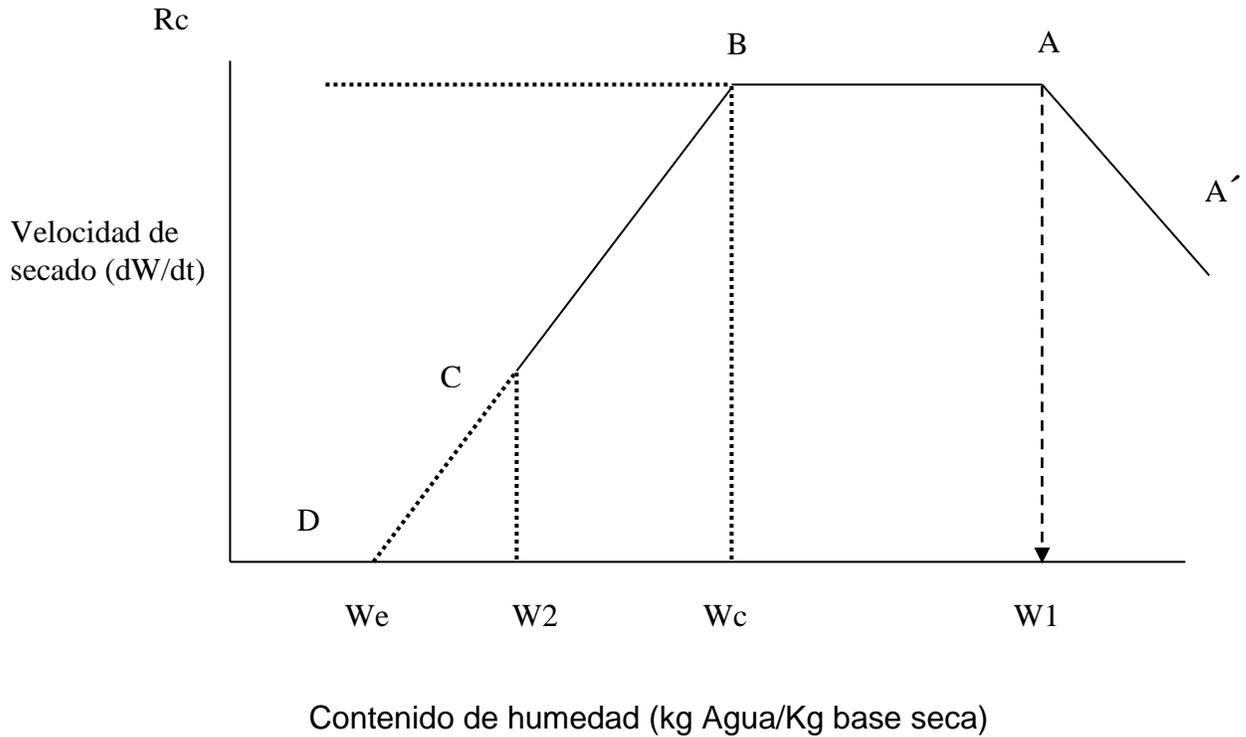
5.5 PRINCIPIOS INHERENTES A LA DESHIDRATACION DE LOS ALIMENTOS

Los factores determinantes que acondicionan el aire utilizado para secar un producto, cuyo contenido de humedad es uniforme en todas sus partes, son: Velocidad, presión, humedad y temperatura. Indicados en la curva típica de secado ver figura 2.

La curva de secado artificial comprende: un periodo preliminar de secado, indicado por la porción "A-A"; un primer período de intensidad de secado constante o periodo "A-B", un primer período de intensidad de secado decreciente o porción "B-C" y un segundo período de intensidad de secado decreciente o periodo de velocidad decreciente de secado segunda fase indicado por la porción "C-D" (Wong, 1996).

En el periodo "A-A", la condición del aire de secado y superficie humedad de la muestra se encuentran en equilibrio hasta el limite ascendente (Wong, 1996). En el período "A-B", la cantidad de agua evaporada corresponde a una determinada unidad de tiempo. Además, la parte superficial del alimento está completamente húmeda y la evaporación depende solo del estado del aire como su velocidad, temperatura y contenido de humedad (Wong, 1996).

Figura 2. Curva características de secado artificial.



Si las condiciones del aire permanecen constantes, la velocidad de secado permanecerá constante. Puede suponerse que el aire forma tres capas separadas: una capa estacionaria muy fina se halla en contacto con la superficie del alimento y saturada de vapor de agua. Por encima de esta capa se encuentra otra que se mueve lentamente, moviéndose con mayor rapidez en sus zonas más extensas con las cuales se une a las corrientes principales de aire caliente transportando de esta forma el vapor de agua de la capa estacionaria (Wong, 1996).

El vapor de agua produce un descenso en la temperatura del producto (Temperatura Estacionaria), fenómeno que se denomina “Enfriamiento Evaporativo”. En este momento el calor que se aporta al producto con el aire, compensa totalmente la pérdida de calor por enfriamiento evaporativo. Esta temperatura estacionaria, que es inferior a la temperatura del aire es la misma que

indica el termómetro del bulbo húmedo cuando se expone a las mismas condiciones que el producto (Wong, 1996).

La diferencia entre las temperaturas de los termómetros del bulbo húmedo y bulbo seco colocados en una corriente de aire se denomina “Depresión de Bulbo Húmedo” (Wong, 1996).

En el primer período B-C, el contenido de humedad libre en el punto B se denomina Contenido de Humedad Crítica (WC). Este período corresponde a la parte del ciclo de secado en el que la totalidad de la superficie no está ya completamente mojada y va disminuyendo continuamente hasta que al final de este periodo la superficie seca, por consiguiente, a medida que la superficie mojada disminuye, la velocidad también. El segundo periodo C-D se presenta cuando la superficie esta completamente seca. El calor necesario para la evaporación se transmite desde el aire a la superficie seca del producto, y desde ella a través del sólido hasta la zona de evaporación; luego el agua se evapora en el interior de producto y el vapor se mueve a través de él hacia el seno de la corriente de aire.

Hacia el punto B la temperatura del alimento que se deseca corresponde a la de bulbo húmedo del aire circulante. Posterior a este periodo, la temperatura del alimento ocurre por efecto de la temperatura del aire (temperatura del bulbo seco) Esta temperatura estacionaria, que es inferior a la temperatura del aire es la misma que indica el termómetro del bulbo húmedo cuando se expone las mismas condiciones presentes en el producto.

5.5.1 Velocidad de secado. La velocidad del secado de una sustancia varía con su naturaleza y con el proceso de desecación que se utiliza.

Se acepta generalmente, que durante el periodo de velocidad de secado constante (B-C) la superficie permanece mojada. En el secado, la temperatura de la superficie del alimento es generalmente constante (temperatura de bulbo húmedo) en ese periodo y la velocidad de secado (R_c) es casi fija la superficie del alimento, A (m^2), tiempo, por dt (horas) y dW es la cantidad de agua evaporada. (Wong, 1996).

La ecuación de velocidad de secado por unidad de área de la superficie mojada es:

$$dw/Adt(Kg/m^2h)$$

En función del tiempo:

$$dw/dt(Kg/ h)$$

La temperatura de la capa de agua de la superficie del alimento corresponde a la presión saturada de vapor de agua: P (mmHg); y p (mmHg): corresponde a la presión parcial de vapor de agua en el aire circulante.

Si la evaporación del agua se realiza hasta la condición de saturada, ésta se convierte en fuerza impulsadora de secado por diferencia de presión ($P-p$).

$$R_c = -dw/adt = K(P-p) \text{ (kg/m}^2\text{h)}$$

5.5.2 Desecación con aire. En la desecación con aire la velocidad de extracción de agua depende de las condiciones del aire, las propiedades del alimento y del diseño del secadero.

La humedad puede estar ligada al producto en grados diversos. Los dos extremos son que la humedad simplemente repose sobre la superficie y que esté combinada químicamente con otros constituyentes. En principio se creyó que el agua contenida en un producto alimenticio era de dos tipos: Agua libre y agua asociada. Desde hace años parece que tal división es una simplificación excesiva y no es realmente útil.

5.5.3 Tiempo de secado. Para calcular el tiempo de secado representamos a W_1 como contenido de humedad inicial del alimento, W_0 volumen total de secado (kg) y Q_c tiempo requerido, así:

$$Q_c = [W_0 (W_1 - W_0)] R_c.A$$

5.6 MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN

Existen diversos métodos de desecación y la elección depende del tipo de alimento que vaya a desecarse, el nivel de calidad que deba alcanzarse y del coste que pueda justificarse.

5.6.1 Deshidratación artificial. Consiste en utilizar equipos de secado en los cuales se pueden controlar la temperatura del aire, la velocidad y la humedad

relativa del aire, dando como resultado productos finales con calidad estándar , reduciendo el tiempo de secado; sin embargo , este método demanda mayores gastos en equipamiento de procesamiento (Wong, 1996).

5.6.2Deshidratación con aire caliente. El alimento se pone al contacto con una corriente de aire caliente. El calor se aporta al producto principalmente por convección; es decir, cuando el calor es transmitido por un fluido en movimiento.

5.6.3Deshidratación por contacto directo con la superficie caliente. El calor es aportado al producto principalmente por conducción; es decir, la transferencia de calor se lleva a cabo a través de sólidos.

5.6.4Deshidratación al vacío. Es una forma de secado efectuado sin la presencia de oxígeno, evitando de esta manera posible oxidación debido a que la evaporación del agua en el vacío es rápida, el producto se mantiene muy frío haciendo más difícil las alteraciones bacterianas y enzimáticas. Se utilizan secadores de placas cuyo costo es elevado.

Si la presión de la cámara de vacío se mantiene muy baja y la evaporación ocurre con mayor rapidez, el producto llega a congelarse y se mantiene así mientras transcurre el proceso de secado, es el proceso denominado liofilización.

5.6.5 Deshidratación por aire frío. Este tipo de secado el aire primero es enfriado bruscamente y por esta acción pierde agua, luego es calentado para bajar la humedad relativa. Con este tipo de secado el producto a obtenerse tiene una muy buena calidad, se emplean secadores de bandejas.

5.6.6Deshidratación por energía solar. Emplea colectores de energía solar, los cuales permiten transformar la energía radiante en energía calórica, calentando el aire a niveles de desecado y que luego es impulsado mediante ventilador a la cámara de secado; se utilizan secadores de bandejas.

5.7 EFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LOS ALIMENTOS.

En el secado un alimento pierde su contenido de humedad, lo cual da como resultado un alimento en la concentración de un nutriente en la masa restante. Las proteínas, grasas, y carbohidratos están presentes en mayor cantidad por unidad de peso en los alimentos secados que su contrario fresco.

Los alimentos secados producen partidos reconstituidos o rehidratados comparable con los alimentos frescos. Sin embargo, como con cualquier método de conservación, el alimento conservado no puede ser de la alta calidad del producto alimenticio original. Es los alimentos secados hay perdida de vitaminas.

Puede esperarse que las vitaminas solubles en agua sean parcialmente oxidadas. Las vitaminas solubles en agua son disminuidas durante el blanqueador y la inactivación de las enzimas. El grado de destrucción en las vitaminas dependerá del cuidado ejercicio durante la preparación del producto alimenticio para su deshidratación, del proceso de deshidratación seleccionado, del cuidado en su ejercicio y de las condiciones de almacenamiento para los alimentos secados.

Los tejidos de hortalizas secadas al sol tienden a tener perdidas en nutrientes en magnitudes del mismo orden que en las frutas. El contenido de caroteno de las hortalizas disminuye hasta un 80% si el procesado es llevado a cabo sin inactivación de enzima.

5.7.1 Influencia de la deshidratación sobre las proteínas. El valor biológico de las proteínas secadas depende del método del secado. Las exposiciones prolongadas a altas temperaturas pueden hacer las proteínas menos útiles en la dieta.

5.7.2 Influencia de la deshidratación sobre las grasas. La ranciedad es un importante problema en los alimentos secados. La oxidación de las grasas en los alimentos es mayor a altas que a sus bajas temperaturas de secado. Un control efectivo es la protección de las grasas con antioxidantes.

5.7.3 Influencia de la deshidratación sobre los carbohidratos. Las frutas son generalmente, fuentes ricas de carbohidratos y fuentes pobres de proteínas y grasas. La principal deterioración en las frutas es en los carbohidratos. La decoración puede ser debida a encafeicimiento enzimático o a la reacción de tipo de caramelización. En los últimos casos la reacción de los ácidos orgánicos y los azúcares en reducción causan la decoración notada como encafeimiento.

5.7.4 Influencia de la deshidratación sobre los pigmentos en los alimentos. El color de los alimentos depende de las circunstancias bajo las cuales es visto el alimento y la habilidad de este para reflejar, dispersar, absorber o transmitir la luz visible.

El secado de los alimentos cambia sus propiedades físicas y químicas y puede esperarse que altere sus habilidades para reflejar, dispersar, absorber y transmitir la luz, y por lo tanto modificar su color.

Además es de anotar que el proceso de secado produce variaciones en las características organolépticas de la frutas como son:

- ✓ Tensiones internas provocada por el contenido interno de agua: roturas y compresiones de las células relativamente rígidas y confiriendo al alimento un aspecto arrugado.
- ✓ Cambios físicos y químicos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa en la superficie dura e impenetrable “acortezamiento”.
- ✓ Cambios en las características de la superficie del alimento.

5.8 FRUTA DE ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*).

El árbol del pan (*Artocarpus altilis* y similares) es una especie perteneciente al género de los *Artocarpus*, dentro de la tribu de las *Artocarpeae*, de la familia de las *Moraceae* con cientos de variedades de árboles distribuidas desde el sudeste asiático hasta la Polinesia, pasando por Oceanía. Entre la variedad de especies se encuentran: *Artocarpus blancoi*, *Artocarpus camansi*, *Artocarpus communis*, *Artocarpus incisa*, *Artocarpus mariannensis*, *Artocarpus rima* y *Artocarpus heterophyllus*, esta última junto con la *Artocarpus altilis* son las especies más cultivadas del género por todo el mundo.

En Colombia, de acuerdo con la referencia hecha por Francisco José de Caldas en el Semanario de Nueva Granada, fue el vallecaucano José María Cabal quien introdujo el árbol del pan (*Artocarpus altilis*) procedente de Jamaica por el puerto de Santa Marta el 25 de abril de 1809 (Ecoaldea, 2004)

5.8.1 Descripción Morfológica. El árbol del pan (*Artocarpus altilis*) puede llegar a alturas considerables, como los 21 metros, en plena madurez, aunque es más

común alturas entre 12 y 15 metros. El tronco puede alcanzar un diámetro máximo de 2 metros y un látex lechoso y blanco está presente por todo el árbol.

Es un árbol monoico (dos sexos en la misma planta) en el que las flores masculinas aparecen primero y poseen apariencia cilíndrica, midiendo 5 cm de diámetro y unos 45 cm de longitud. Miles de pequeñas flores con dos anteras se encuentran ligadas al esporangio central. Por otra parte, la inflorescencia femenina consiste de 1.500 a 2.000 pequeñas flores ligadas al esporangio central. Las flores se unen entre ellas para desarrollar la parte carnosa del fruto. La polinización es cruzada, pero no es necesaria para la formación del fruto. (Wikipedia, 2007)

El fruto desarrollado está compuesto de la unión de muchos ovarios (es sincárpico) y difiere según la especie de *Artocarpus*. Generalmente es redondo, ovalado u oblongo y mide entre 9 y 20 cm de ancho y más de 30 cm de largo, como un melón. Puede pesar entre 250 g y 6 kg. La piel se compone de entre 5 y 7 capas, cada una de las cuales pertenece a una flor individual. La textura es suave y carnosa. Su color oscila entre el verde claro, el verde amarillento y el amarillo. Igualmente, la piel está cubierta de pequeñas espinas. La carne es de color amarillo oscuro, con una pulpa fibrosa y cremosa, con un 60% de almidón y más proteínas que el plátano o el ñame. Puede presentar muchas simientes (que también son comestibles) o puede no tenerlas. En este último caso el fruto se desarrolla por partenocarpia (Wikipedia, 2007)

Por lo que respecta a las hojas, son perennes y profundamente lobuladas (normalmente con siete lóbulos) de color verde oscuro o verde amarillento. Las hojas de las plantas o ramas jóvenes son mayores y tienen menos lóbulos que las hojas maduras. Las hojas pueden medir entre 15 y 60 cm de largo.

5.8.2 Hábitat. El árbol del pan (*Artocarpus altilis*) tiene gran adaptabilidad para crecer de manera óptima en las zonas ecuatoriales y tropicales, pero puede

crecer en zonas de climas templados con inviernos muy suaves. Normalmente, el árbol se encuentra en tierras ecuatoriales o tropicales de alturas situadas por debajo de los 600-650 metros sobre el nivel del mar, pero podría vivir hasta los 1.550 metros sin apenas dificultades, si se trata de una zona de clima cálido. En cuanto al régimen de irrigación, requiere un riego anual de 1.500-3.000 mm de agua. La estación lluviosa del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) debe ser el verano debido a que el calor, combinado con la lluvia abundante y la humedad ayudan a que la planta crezca en condiciones óptimas. La especie puede soportar una estación seca (menos de 40 mm por mes) de tres meses máximo (wikipedia,2007)

5.8.3 Temperatura. Con respecto a las temperaturas, el intervalo más favorable del árbol del pan es el que oscila entre los 21° y 32° C. La temperatura máxima que puede soportar en un mes cálido es de 32°-38° C; la temperatura mínima en un mes frío es de 16°-18° C, la temperatura mínima tolerada es de 5°-10° C y la temperatura óptima de $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$; el potencial de almacenamiento se encuentra entre 2 y 4 semanas, dependiendo de cultivar y el estado de madurez.

5.8.4 Cultivo. La especie crece con rapidez en condiciones favorables, entre 0,5 y 1,5 metros por año, dependiendo de la latitud donde se cultive la planta. El árbol crece de forma permanente si el clima lo acompaña, y siempre está renovando la hoja. Floración principal se produce durante los meses lluviosos y calurosos del verano y el árbol hará los frutos 3 o 4 meses después de la floración. Los frutos tardan de 15 a 19 semanas en alcanzar la madurez para el consumo humano. Los árboles que se han reproducido de la semilla (semilla fértil), pueden tardar entre 6 y 10 años en hacer la primera floración y hacer frutos, mientras que los ejemplares reproducidos por acción vegetativa (injertos, esquejes, o brotes de raíces) suelen florecer en 3 o 6 años (Wikipedia, 2007).

5.8.5 Fruto del pan. Los frutos del pan producidos por el árbol son muy alimenticios. Son ricos en carbohidratos y buena fuente de vitaminas y minerales. Ver tabla 3

Tabla 3. Composición bromatológica de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| ALIMENTO | PARTE DE LA FRUTA | |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| | SEMILLA | PULPA |
| Humedad (g/100g) | 35.1-56.8 | 62.7-89.2 |
| Proteínas (g/100g) | 5.25-13.3 | 1.3-2.24 |
| Grasas (g/100g) | 2.59-5.59 | 0.1-0.86 |
| Cenizas (g/100g) | 1.5-5.58 | 0.56-1.2 |
| Carbohidratos (g/100g) | 30.8-44.0 | 21.5-29.5 |
| Fibra (g/100g) | 1.34-2.14 | 1.08-2.1 |
| Calorías (kcal/100g) | --- | 105-109 |
| Calcio (mg/100g) | 0.1 | 0.05 |
| Tiamina (mg/100g) | 0.25 | 0.08-0.09 |
| Riboflavina (mg/100g) | 0.10 | 0.03-0.07 |
| Niacina (mg/100g) | 3.54 | 0.51-0.92 |
| Acido ascórbico (mg/100g) | 13.7 | 15.33 |

Fuente: FAO,2006

5.8.6 Índices de madurez. Fruta de pan (*Artocarpus altilis*) en madurez fisiológica presentan un color verde oscuro y los segmentos de la cáscara se tornan más redondeados y lisos que en las frutas inmaduras. Manchas de látex se pueden encontrar en la cáscara de frutas listas para cosechar. Amarillamiento de la piel indica que el proceso de maduración ha comenzado (Kader, 2006)

5.8.7 Índices de calidad. Frutas con buena calidad presenta un color verde oscuro, firme, con pedúnculo intacto y libre de defectos (como cicatrices, mancha de sol, rajaduras, golpes y daño de insecto) y podredumbres. Uniformidad de forma, tamaño y peso son factores de calidad también muy importantes. La pulpa de fruta de pan (porción comestible) contiene entre 25-30(g/100g) (peso fresco) de carbohidratos, siendo la mitad almidón. (Kader, 2006)

5.8.8 Porcentaje de Humedad relativa optima. 85-95%. (Kader, 2006)

5.8.9 Tasa de Respiración. El rango de la tasa de respiración a 20°C es 38 (pre climaterio) a 178 (pico climatérico) mL CO₂ / kg·hr (Kader, 2006)

5.8.10 Clima. En sus áreas de distribución natural e introducida, las temperaturas varían entre 18 y 32 °C a través del año.

5.8.11 Desórdenes fisiológicos. Las frutas mantenidas a temperaturas por debajo de 12°C, antes de transferirse a temperaturas mayores exhiben los siguientes síntomas de daño por frío: coloración café en la cáscara, oscurecimiento de la pulpa, desarrollo de sabores no deseables e incremento en susceptibilidad a podriciones (Kader, 2006).

5.8.12 Enfermedades. Algunas enfermedades usualmente se manifiestan después de daños mecánicos y/o daño por frío. Pudriciones pueden ser causadas por *Phytophthora palmivora* o *Rhizopus artocarp* o *Botryobasidium salmonicola* (Kader, 2006).

5.8.13 Cultivariedad del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). El árbol del pan tiene dos cultivariedades: en una, el fruto tiene semillas; y en la otra, el fruto carece de ellas y solo se compone de una masa suave y blancuzca.

5.8.13.1 Árbol de pan con semillas. El árbol de pan (*Artocarpus altilis*) presenta una variedad de nombres dependiendo el país donde sea cultivado: en Colombia es llamado: Árbol pan, Buen pan, Pepepan, Fruta de pan, Pan de año, Pan de árbol, Pan de pobre, Guampano (Ecoaldea, 2004).

El árbol del pan (*Artocarpus altilis*) con semillas tiene pequeños aletones en la base del tronco y alcanza 18 metros de altura, el tronco, ramas y hojas contienen un exudado blanco, espeso y viscoso. El follaje es verde oscuro brillante y las hojas maduran en color amarillo. La madera es rosado cremosa, liviana, con una densidad de 0.29 gramos por centímetro cúbico.

El fruto del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) con semillas tiene agujones, un peso promedio de 1.3 kilogramos, un tamaño de 17 x 15.5 centímetros y un número promedio de 64 semillas. Ver tabla 4

El valor alimenticio nutricional de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), con respecto a otras especies vegetales, es considerable, destacándose su alto contenido de proteína, mayor que el encontrado en la papa, la yuca, el maíz, el plátano y el arroz; además es, rico en niacina, calcio, potasio y hierro. Ver tabla 5

Tabla 4. Distribución porcentual en peso de las partes compuestas de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) con semilla.

| PARTES DE LA FRUTA | PESO | COMPOSICIÓN (Porcentaje) |
|---------------------------|-----------------|--|
| CARNE (PULPA) | 1,3 kilogramos. | 42 % es semilla (546 gramos). |
| | | 58 % es fibra, cáscara leñosa y cutícula apergaminada. |
| SEMILLA | 8.5 gramos | 80 % es nuez comestible. |
| | | 20 % es cáscara leñosa y cutícula apergaminada |

Fuente: Acero, 1998

5.8.13.2 Árbol del pan sin semillas. Esta variedad del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) también es llamada de diferentes maneras, según el país donde se cultivo; en Colombia recibe estos nombres: Panocha, Pan del Norte, Pan Sin Pepa, Breadfruit (San Andrés y Providencia).

En el árbol de pan (*Artocarpus altilis*) sin semillas (inseminífero), el peso promedio por fruto es de 1.5 kilogramos, y presenta algunas variaciones: el tipo Barbacoas en Nariño (Colombia), por ejemplo, es redondo, liso, de 18 x 16.5 centímetros. En Jamaica y en Providencia (Colombia), es redondo, liso, de 16 centímetros de diámetro. En San Andrés (Colombia), es ovoide, agujoneado, de hasta 21 x 17 centímetros. Ver cuadro 6

En el árbol del pan sin semillas, la hoja tiene de 7 a 11 lóbulos los cuales llegan casi hasta el nervio medio. Las hojas en la parte basal de la copa miden 63 x 45

centímetros y la parte superior de la misma, miden 47 x 36 centímetros en promedio. El árbol del pan sin semillas se propaga principalmente por esqueje de raíz y por injerto sobre patrón de frutopán con semillas. Ver Tablas 7 y 8

Tabla 5. Composición del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) sin semilla

| FRUTA COMPLETA | (Kg) | PARTE DE LA FRUTA | COMPOSICIÓN (Porcentaje) (Kg/100Kg) |
|-----------------------|-------------|--------------------------|--|
| 1.50 | | Pulpa aprovechable | 70 |
| | | Corteza y corazón | 30 |

Fuente: Acero, 2004

Tabla 6. Valor bromatológico de la fruta árbol de pan (*Artocarpus altilis*) sin semillas.

| ANALISIS | RESULTADOS BASE SECA | RESULTADOS BASE HUMEDA | UNIDADES |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|------------|
| EXTRACTO SECO TOTAL | 30.72 | - | (g/100g) |
| HUMEDAD | - | 69.28 | (g/100g) |
| NITRÓGENO | 1.04 | 0.32 | (g/100g) |
| PROTEÍNA | 6.5 | 2.00 | (g/100g) |
| GRASA | 2.06 | 0.63 | (g/100g) |
| CENIZAS | 3.78 | 1.16 | (g/100g) |
| CARBOHIDRATOS | 84.0 | 86.00 | (g/100g) |
| FIBRA | 7.67 | 2.36 | (g/100g) |
| SODIO | 97.06 | 29.82 | (mg/Kg) |
| POTASIO | 1.87 | 0.57 | (g/100g) |
| CALCIO | 217.71 | 66.88 | (mg/Kg) |
| MAGNESIO | 93.25 | 28.65 | (mg/Kg) |
| CLORUROS | 185 | 057 | (mg/100g) |
| FÓSFORO | 132.26 | 40.63 | (mg/Kg) |
| HIERRO | 17.51 | 5.37 | (mg/Kg) |
| BORO | 12.4 | 3.81 | (mg/Kg) |

Fuente ACERO, A. 1995: p. 19. Proyecto árbol del pan, Universidad Distrital de Bogotá

Tabla 7. Valores bromatológicos parciales del fruto y la harina de la semilla del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), comparadas con otras materias vegetales alimenticias.

| MATERIAL VEGETAL | HUMEDAD (g/100g) | PROTEÍNA (g/100g) | GRASA (g/100g) | CARBOHIDRATOS (g/100g) | FIBRA (g/100g) | CENIZA (g/100g) |
|--|------------------|-------------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|
| ÁRBOL DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 56.67 | 8.80 | 6.10 | 26.60 | 1.80 | 1.60 |
| PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>) | 75.50 | 1.90 | 0.10 | 21.10 | 0.50 | 1.00 |
| YUCA (<i>Manihot sculenta</i>) | 61.80 | 0.80 | 0.10 | 35.50 | 0.90 | 0.90 |
| MAÍZ (<i>Zea mayz</i>) | 15.20 | 7.60 | 3.80 | 71.20 | 1.90 | 1.30 |
| PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i>) | 72.00 | 1.20 | 0.10 | 25.00 | 1.00 | 1.00 |
| CHONQUE (<i>Alocasia macroryhza</i>) | 70.30 | 2.00 | 0.10 | 25.40 | 0.90 | 1.30 |
| CHONTADURO (<i>Bactris gasipaes</i>) | 52.00 | 3.00 | 4.60 | 37.00 | 1.40 | 0.90 |
| ARROZ (<i>Oriza sativa</i>) | 12.20 | 7.80 | 0.40 | 78.80 | 0.30 | 0.50 |
| TRIGO (<i>Triticum Sativum</i>) | 13.50 | 10.80 | 1.60 | 69.30 | 3.30 | 1.50 |
| HARINA DE SEMILLA FRUTA DE PAN (<i>Artocarpus altilis</i>) | 10.00 | 11.30 | 6.80 | 62.80 | 4.10 | 4.90 |

Fuente: Perdomo, Fluvia, 1987

5.9 SISTEMA DE ANALISIS DE FACTORES DE RIESGO E IDENTIFICACION DE PUNTO CRITICOS DE CONTROL

También se conoce bajo la sigla H.A.C.C.P que se traduce literalmente “Análisis de peligros potenciales e identificación de puntos de críticos de control” como lo indica el titulo esta metodología ó enfoque, mediante el análisis de peligros busca información sobre practicas efectuados como claro propósito de evaluar los riesgos asociados, identificar las operaciones donde es esencial al fin de garantizar la inocuidad y la calidad de los alimentos (Beltrán, 1988)

El método es integral, en el sentido de que es aplicable a todas las fases que cumple el alimento dentro del desarrollo del ciclo producción-consumo. Es decir desde la granja ó finca hasta el servicio de alimentación institucional masivo ó del hogar (Beltrán, 1988).

Es preventivo ya que aplica a lo largo del flujo ó línea de proceso del alimento, antes de su aplicación.

5.9.1 Estructura del sistema: Esta compuesto por cinco elementos estructurales.

5.9.1.1 Identificación, análisis y evaluación de factores de riesgo. Identificar, es evidenciar la presencia de factores de riesgo relacionados con la producción, procesamiento, almacenamiento, distribución y uso del alimento (Beltrán, 1988).

La región epidemiológica de la región productora, es buena fuente. Analizar, es razonar y reflexionar alrededor de los factores de riesgo identificados. Es discernir sobre todos los procedimientos asociados a la producción, distribución, manejo de materias primas ó alimentos terminados. Mediante el análisis de toda la cadena que cumple el alimento, no solo se efectúa el señalamiento de factores de riesgo,

sino que también, se ubican las fuentes potenciales y los momentos específicos de contaminación. Se determinan las posibilidades de sobrevivencia y multiplicación de microorganismos. (Beltrán, 1988)

5.9.1.2 Determinación de puntos críticos de control. Es una operación ó una etapa de una operación, durante la cual puede tomarse una medida preventiva o de control que impida o elimine uno ó varios factores de riesgo.

El punto crítico de control puede ser una práctica, un procesamiento, un proceso ó un lugar, donde se den factores de riesgo.

5.9.1.3 Selección de criterios para el control. Los constituyen los límites ó especificaciones ó características de naturaleza física, química ó biológica que requieren cumplirse en el procesamiento de alimentos, a fin de garantizar la inocuidad y calidad de los mismos (Beltrán, 1988).

Constituyen ejemplos: la relación temperatura- tiempo, pH ó acidez, humedad relativa, actividad acuosa, climatización de salas de proceso y refrigeración (Beltrán, 1988).

Puede darse la situación de varias opciones ó criterios de control para un solo punto crítica. Igualmente requiere la combinación de opciones para varios puntos críticos. En todos los casos, la elección deberá hacerse con base a análisis de costos versus rendimiento (Beltrán, 1988).

5.9.1.4 Monitorización. Se define la comprobación de que un procedimiento en particular, ésta bajo control. Esto es, que está conforme a los criterios establecidos en cada punto crítico de control.

Frecuentemente se utilizan como monitorias las siguientes: observación visual, medición de parámetros, controles microbiológicos y evaluación sensorial (Beltrán, 1988).

La monitorización para que sea efectiva, debe captar rápidamente cualquier desviación y estar en condiciones de brindar oportunamente esta información, a efecto de que se puedan tomar las medidas correctivas, antes de que se haga necesario el rechazo del producto.

5.9.1.5 Verificación. Consiste en la comprobación, mediante controles adicionales de que el sistema H.A.C.C.P. esté funcionando correctamente.

Estas verificaciones pueden ser de controles parciales, por ejemplo en un determinado punto crítico de control ó a nivel de producto terminado. También pueden ser diarias ó periódicas.

6. JUSTIFICACIÓN

El departamento del Magdalena, Colombia presenta un clima y terrenos privilegiados en los cuales es posible cultivar diversas especies vegetales y obtener de ellas muchos beneficios; pero, el desarrollo agroindustrial en el departamento no es significativo.

Por lo tanto, la presente investigación sobre la producción de harina de fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), encontró su justificación en los siguientes aspectos:

1. Aprovechar la riqueza de nuestra región y las ventajas que posee el departamento en comparación de otros departamentos del país para cultivar y procesar especies vegetales aptas para el consumo humano, como el árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
2. No existir el departamento del Magdalena fomento para este tipo de investigaciones.
3. Servir este estudio, como modelo para investigaciones similares en otras regiones del país.
4. Fomentar en los estudiantes de ingeniería industrial el aprendizaje del diseño y desarrollo del aprovechamiento de los recursos naturales de la región para el usufructo de las comunidades.

7. OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL.

Establecer y estandarizar las técnicas adecuadas del procesamiento del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) que permitan obtener harina alimenticia destinada al consumo humano.

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar el grado de madurez de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Determinar las características bromatológicas y de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Describir la línea tecnológica de proceso que conlleven a la obtención de un producto alimenticio (harina).
- Determinar la cantidad de agua eliminada durante el proceso de deshidratación.
- Establecer un control de calidad microbiológico a la harina de la fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Determinar el rendimiento de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Determinar los requerimientos de equipos necesarios para el procesamiento de la fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*).
- Determinar los costos preliminares para producir harina de fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) y de los cuatro productos derivados alimenticios derivados.

Tabla 8. Apropriación Social Del Conocimiento

| RESULTADO/PRODUCTO ESPERADO | INDICADOR | BENEFICIARIO |
|--|--|----------------------|
| Definir el estado de maduración idóneo del fruto de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) para la obtención de harina de alta calidad. | Estado de maduración optimo | Organización |
| Diseño de la línea de procesamiento para obtener el producto a partir del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>). | Capacidad de respuestas de la línea de procesamiento | Organización |
| Obtención de la harina conservando el valor alimenticio de fruto del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | Efecto del proceso sobre la calidad alimenticia del fruto del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | Comunidad en general |

Tabla 9. Impactos esperados a partir de los resultados.

| Impacto esperado | Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto (1-4), mediano (5-9), largo (10 o más) | Indicador verificable | Supuestos* |
|--|---|---|--|
| Ocupar una posición competitiva en el mercado de | Corto plazo (3 años) | Utilidades obtenidas por la compra del producto | Diseño de programa de mercadeo y logístico para la |

| | | | |
|--|---------------------|--|---|
| alimentos | | | comercialización del producto. |
| Satisfacción de los clientes | Corto plazo (1 año) | Porcentaje de satisfacción de los consumidores | Realización de estrategias por parte de la dirección |
| Establecimiento de nuevas fuentes de trabajo | Corto plazo (1año) | Numero de trabajadores de la planta de procesamiento | Contratación de obra de mano calificada para el procesamiento del alimento. |

8. FORMULACIÓN Y GRAFICACION DE HIPOTESIS

Es posible diseñar y optimizar un proceso para la producción de harina a partir de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) de optima calidad y valor alimenticio.

8.1. GRAFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

Y= Producción de harina de adecuado contenido alimenticio a partir del procesamiento de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*)

Y₁ = Materia Prima

X₁ = Fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

Y₁ = f(X₁)

Y₂ = Condiciones de secado

X₂ = Tiempo de secado.

X₃ = Humedad inicial.

X₄ = Humedad final.

Y₂ = f(Y₁, X₂, X₃, X₄)

Y₃ = Control de calidad

X₅ = Selección y clasificación.

X₆ = Almacenamiento.

X₇ = Análisis bromatológico.

X₈ = Empaque.

Y₃ = f(Y₁, Y₂, X₅, X₆, X₇, X₈)

Y = f(Y₁, Y₂, Y₃)

9. SELECCIÓN Y MEDICION DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS.

9.1.1 Variable Dependiente. Obtención de harina de gran valor nutricional a partir del procesamiento del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) depende de la materia prima, fruto de pan, selección y clasificación de la fruta, tiempo de secado, análisis bromatológico y empaque.

9.1.2 Variable Dependiente Interviniente. Las partes de esta de esta variable son los métodos utilizados en el proceso de obtención de harina, cuyos indicadores son: Secado al sol, secado al calor, molienda.

9.1.3 Variable Independiente Cuantitativa. Serán indicadores de estas variables: fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), y tiempo de secado.

9.1.4 Variable Independiente Cualitativa. Serán indicadores de estas variables: Selección y clasificación, tiempo de secado, análisis bromatológico y empaque.

10. LIMITACIONES.

En la realización de este proyecto se presentaron algunas limitaciones, como:

- 1.** Insuficiente bibliografía disponible sobre el árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en el departamento del Magdalena.
- 2.** La dificultad de contar con el tamaño óptimo y cantidad suficiente del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), impidiendo el desarrollo del cronograma de actividades.

11. DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN.

11.1 METODOLOGÍA.

En la presente investigación se analizó y describió cada una de las técnicas utilizadas en el proceso de obtención de harina a partir del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) a través de recopilación bibliográfica existente y la observación directa del tema experimental de estudio, con el fin de comprobar la validez o no de la hipótesis de trabajo.

El procedimiento consistió en seleccionar varias muestras representativas de la fruta y aplicarle las operaciones indicadas en el diagrama de flujo descrito en la figura 3.

Además se efectuaron pruebas de laboratorio con el fin de establecer los grados Brix (*), el porcentaje de acidez presente en cada uno de los grados de maduración de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Por otra parte se aplicaron al proceso para la obtención de la harina los principios básicos de HACCP, para identificar, valorar y controlar factores críticos que pudieran afectar el producto final; además se realizaron análisis bromatológico, microbiológico y sensorial necesarios para garantizar que la harina sea óptima para consumo humano.

Finalmente se determinaron los equipos indispensables para la elaboración del producto y se estimó los costos directos e indirectos necesarios para la producción de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

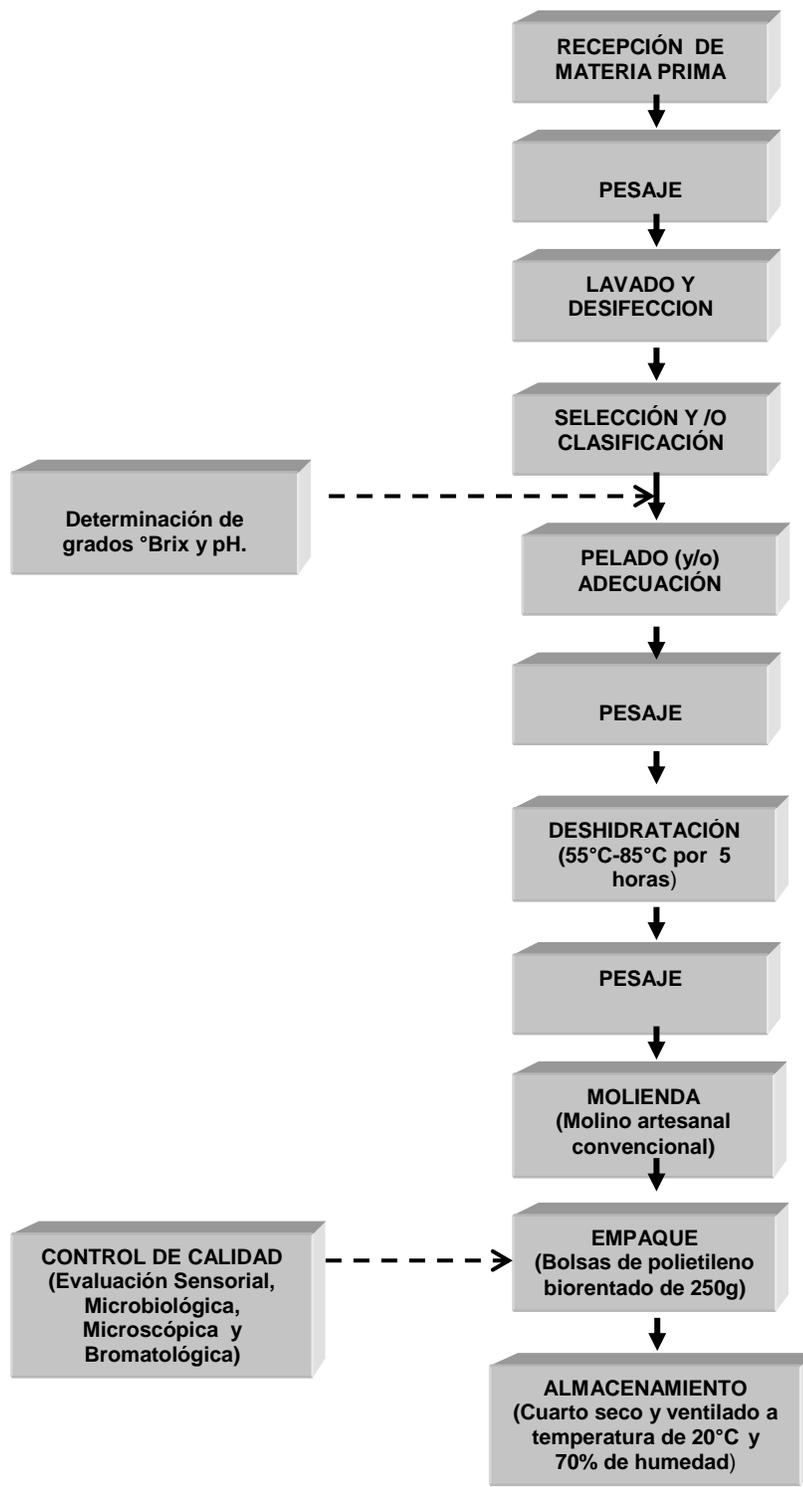


Figura 3. Diagrama de flujo de la producción de harina a partir del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

11.1.1 Procedimiento General.

11.1.1.1 Equipos necesarios en el procesamiento del fruto de árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Para la producción de la harina, fue necesario el requerir equipos que se utilizaron durante las etapas del proceso y en la realización de análisis indispensables para garantizar la inocuidad de la harina y sus productos derivados en el consumo humano.

11.1.1.1.1 Balanza analítica. La balanza analítica marca JAVAR, fue utilizada para determinar el peso de la fruta y sus componentes (cáscara, semilla y desechos).



11.1.1.1.2 Balanza de humedad. Este equipo marca MB85 Halogen, fue necesario para determinar el nivel de humedad de las muestra.



11.1.1.1.3 Deshidratador. utilizado para eliminar la agua presente en el material.



Este equipo fue utilizado para eliminar la cantidad de

11.1.1.1.4 Horno mufla. Este equipo marca **Terrigeno ML2.** fue utilizado para determinar el porcentaje de ceniza, el producto se incinera en la mufla.



El equipo para efectuar el análisis incluye lo siguiente:

- ✓ Botón para encender.
- ✓ Regulador de temperatura.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Palanca para abrir y cerrar la puerta. Esta palanca tiene un contrapeso en su extremo, que asegura el cierre del horno.

11.1.1.1.5 Refractómetro. Este equipo tipo Abbe se utilizó para determinar el índice de refracción y el grado Brix necesarios para calcular el contenido de sólidos solubles en el producto.



Este aparato está equipado con compensadores de luz, que eliminan las ondas no se requieren para medir la refracción.

El equipo para efectuar el análisis incluye lo siguiente:

- ✓ Termómetro
- ✓ Entrada de agua hacia el termostato
- ✓ Fuente de luz
- ✓ Tapa que impide la entrada de luz.
- ✓ Botón del compensador para calibrar la luz.
- ✓ Botón para enfocar el instrumento.
- ✓ Entrada de luz para alumbrar la escala.
- ✓ Campo visual del ocular.

11.1.1.1.6 Potenciómetro. Este equipo marca Metrohm, fue utilizado para obtener medidas exactas del pH que presentó la fruta en cada estado de maduración.



La escala de medición va desde cero (0) a catorce (14), conteniendo la escala de cero (0) a siete (7) todos los productos o sustancias identificadas como ácidos y la escala que va del siete (7) a catorce (14), las sustancias alcalinas o básicas; Siete (7) es el valor neutro (ni ácido, ni básico).

11.1.1.2 Adquisición y recepción de materia prima. Los frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), fueron adquiridos en el municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena-Colombia.

11.1.1.3 Pesaje. Los frutos enteros fueron pesados en una balanza marca JAVAR, con el fin de determinar el rendimiento del proceso.



11.1.1.4 Lavado. Con agua clorada (2 ppm) buscando reducir la carga bacteriana y eliminar impurezas y suciedades.



11.1.1.5 Selección. Fueron seleccionados aquellos frutos aptos teniendo en cuenta los siguientes criterios: Rechazar la fruta que cae al suelo, tener 36 horas de corte máximo, no presentar magulladuras, golpes, rajaduras, hongos, laceraciones, picaduras de insectos, aves o mordeduras de roedores y poseer un

peso no inferior a 696 gramos.



11.1.1.6 Características organolépticas de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en los diferentes estados de maduración. Se escogió al azar la muestra de algunas frutas y se determinó características tales como color, sabor, aroma y textura en cada uno de los estados de maduración.

11.1.1.7 Análisis físicos-químicos de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en los diferentes estados de maduración.

11.1.1.7.1 Determinación de los grados Brix. Para establecer los grados Brix, se tomaron muestras representativas de cada uno de los grados de maduración de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), se maceraron hasta obtener una gota de jugo.

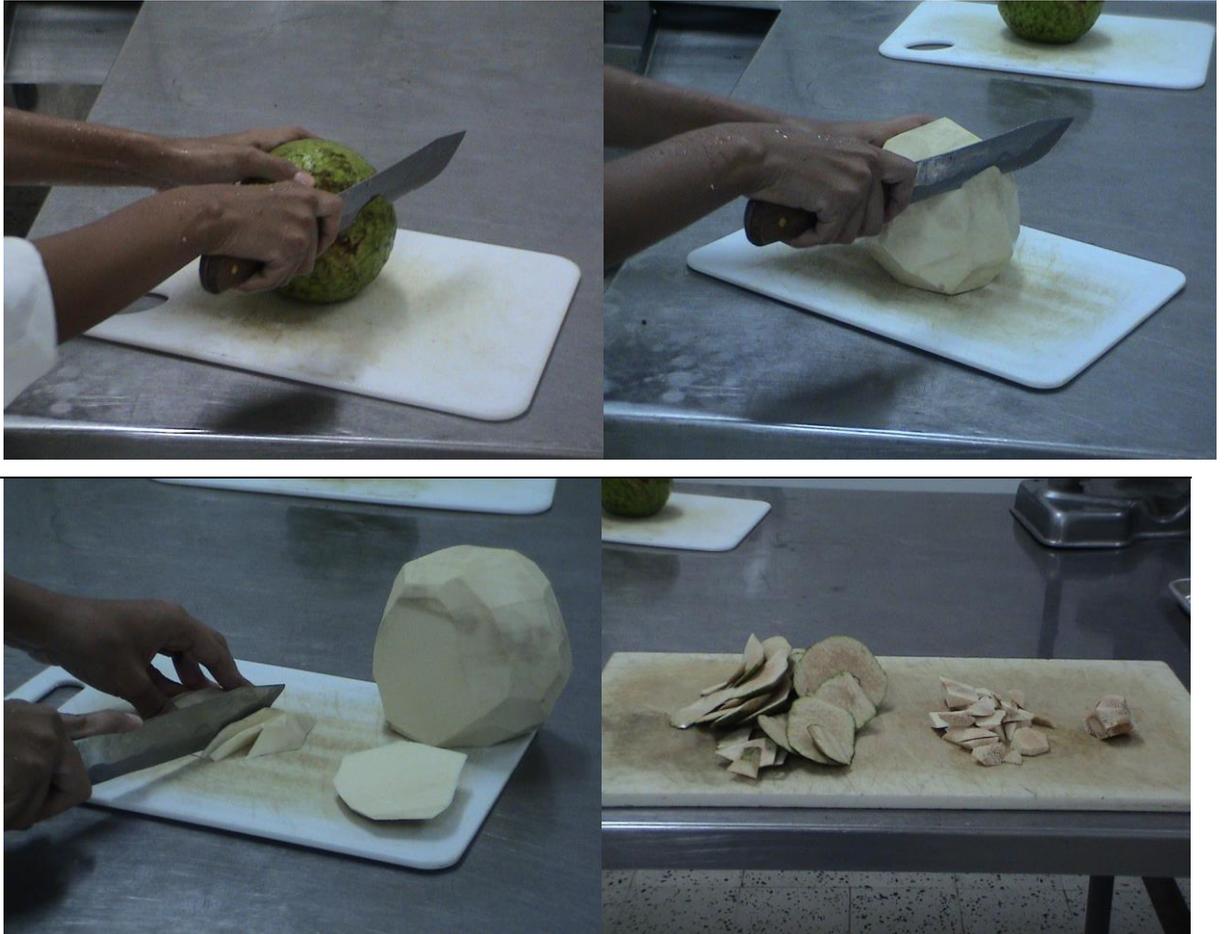
Posteriormente mantuvo la temperatura de los prismas a 20°C, luego se abrieron los prismas y se colocó una gota de jugo. Los prismas se cerraron y se abrió la entrada de luz.

En el campo visual se vio una transición de un campo claro a uno oscuro. Con el botón compensador se estableció el límite de los campos, lo más exacto posible. Con el botón calibrador se fijó el límite en la cruz de las diagonales del cuadro superior. En el cuadro inferior se leyó el índice de refracción y los grados Brix.

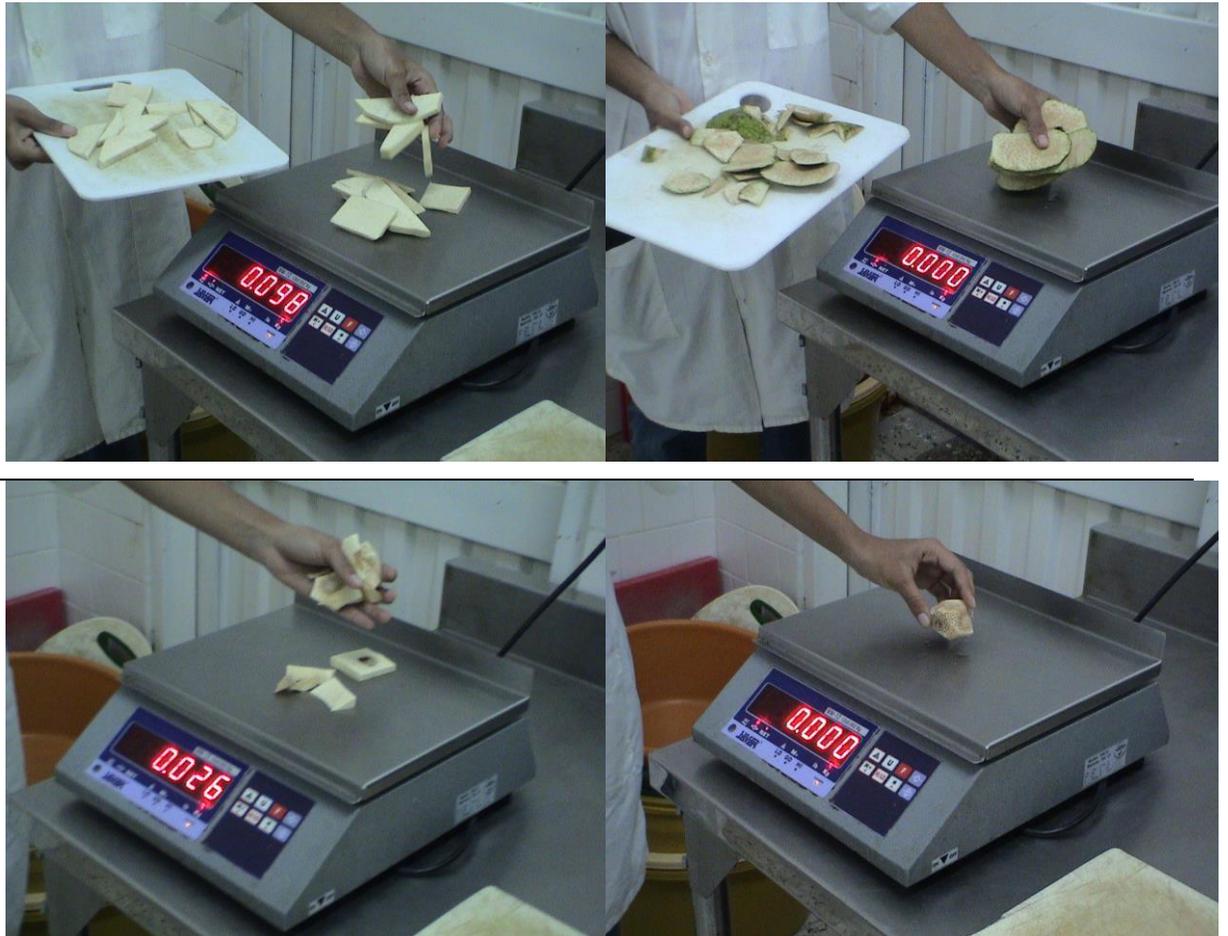
11.1.1.7.2 Determinación de porcentaje de acidez. Se tomaron las frutas representativas de cada uno de los grados de maduración, se maceraron hasta obtener un zumo suficiente, luego fue depositado en un beaker y se tomó la lectura de la acidez con el Potenciómetro marca Metrohm.

11.1.1.8 Pelado ó Adecuación. Los frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) seleccionados fueron sometidos a la operación de pelado, consistente en retirar la cáscara manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable, sin desperdiciar mucha pulpa, (sin quedar cáscara adherida a la fruta, la cual proporciona a la harina sabor amargo, porque ella posee alto contenido de pectina característico de este tipo de frutas) ya que esto influye en gran medida en el rendimiento del proceso.

La pulpa fue cortada en tajadas muy finas y colocadas en un balde plástico con agua clorada (2 ppm); las semillas y partes del fruto en mal estado fueron colocados en bolsas plásticas con el fin de darle la respectiva distribución como residuos sólidos.



11.1.1.9 Pesaje. Las tajadas finas del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fueron pesadas igual que los desechos, cáscaras y semillas con el propósito de establecer el rendimiento de la harina.



11.1.1.10 Deshidratación. Con posterioridad las tajadas finas del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fueron colocadas en bandejas de acero inoxidable enumeradas.



Las bandejas marcadas fueron llevadas al deshidratador a unas temperaturas entre 55°C-85°C en un lapso de 5 horas, Las frutas deshidratadas fueron colocadas en baldes plásticos limpios para ser pesadas.

11.1.1.11 Pesaje. Las tajadas finas deshidratadas fueron pesadas para determinar su nuevo peso.



11.1.1.12 Molienda. Se empleó un molino artesanal convencional HOBBER, alimentado con las tajadas del fruto de pan deshidratadas para obtener harina.



11.1.1.13 Empaque. El empaque fue realizado en bolsas de polietileno bioentado y sellado de manera hermética en unidades de 250 gramos. Se tomaron muestras de la harina para la realizarse los análisis bromatológicos, microbiológicos.



11.1.1.14 Almacenamiento. La harina se almacenó en un lugar seco y fresco, a una temperatura de 28°C y 69% de humedad relativa en promedio, protegido de la presencia de insectos, roedores y de la acción de la luz solar y artificial.

11.1.2 Determinación del rendimiento porcentual de la harina producida a partir del número total de frutas del árbol de pan (*artocarpus altilis*). Para establecer el rendimiento de la harina producida a partir del número total de las frutas del árbol de pan, se determinó el peso total de la harina producida y el peso inicial de las 51 frutas que se utilizaron para producir el producto final.

Luego se determino el rendimiento de acuerdo a la relación.

$$\text{RENDIMIENTO (\%)} = \frac{\sum (H_{M1} + H_{M2} + H_{M3})}{\text{PESO INICIAL DE LAS FRUTAS}} \times 100$$

11.1.3 Determinación de la cantidad de agua eliminada durante proceso de deshidratación. Se determinó por la diferencia de los pesos de la pulpa del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) y el peso final de la materia deshidratada.

11.1.4 Control de calidad de la harina elaborada con el fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). A la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), se le realizaron los análisis bromatológicos, análisis microbiológicos y sensoriales necesarios para determinar que la harina es apta para el consumo humano.

11.1.4.1 Análisis HACCP para el procesamiento de la harina a partir de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Al proceso de la producción de harina a partir del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) le fue aplicado el sistema de riesgos y puntos críticos de control (HCCP).

11.1.4.2 Análisis bromatológicos. Se determinaron los niveles de humedad, proteínas, grasa y cenizas. Los carbohidratos fueron establecidos por diferencia.

11.1.4.2.1 Determinación de grasa. Se determinó mediante el método de Hubbard y Shepard (Inés Bernal de Ramírez, 1994).

Se pesaron 2 gramos, en una balanza electrónica Mettler Toledo de la harina. Cada muestra se colocó en un embudo de separación y se homogenizó, agitando durante 2 minutos con 40 ml de la mezcla de cloroformo- metanol (1:1) en proporción de 20 veces el volumen de mezcla en relación al peso de la muestra.

Una vez homogenizadas, las muestras fueron filtradas. Cada extracto se lavó con el 20% de su volumen con agua destilada y dejó reposar durante 45 minutos, recolectándose la capa inferior. Esta capa de cada muestra fue colocada en la estufa de desecación a temperatura de 90°C, con el fin de volatilizar la mezcla cloroformo-metanol, quedando como residuo la grasa extraída.

El recipiente se dejó enfriar y colocó en el desecador de porcelana por ocho minutos.

Luego se pesó y por diferencias se calculó el contenido.

$$\text{Cenizas (g/100g)} = \frac{(\text{Peso crisol (g)} + \text{ceniza (g)}) - \text{peso del crisol vacío (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

11.1.4.2.2 Determinación de cenizas. Se determino según el método de calcinación (Inés Bernal de Ramírez, 1994).

En el horno mufla Terrígeno ML2, pesando aproximadamente 4 gramos de la harina en sus respectivos crisoles de porcelana previamente tarados, los que fueron colocados en el horno mufla, a temperatura de 500°C, durante cuatro horas. Una vez fríos los crisoles fueron colocados en el desecador de porcelana. Se pesaron y determinaron los contenidos de cenizas de acuerdo a la relación.

$$\text{Grasa (g/100g)} = \frac{(\text{Peso crisol (g)} + \text{grasa (g)}) - \text{peso del crisol vacío (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

11.1.4.2.3 Determinación de humedad. Para la harina se pesaron aproximadamente 2.0 gramos, que fueron colocados en el plato de la balanza de humedad MB85 Halogen, programándola a temperatura de de 105 °C, para la lectura (Inés Bernal de Ramírez, 1994).

11.1.4.2.4 Determinación de proteínas. Se determino mediante el método de Kjeldahl-Arnold. A continuación descrito (Inés Bernal de Ramírez, 1994):

a) Digestión

Se pesaron de 2,0 g de la muestra, colocándolos en un balón Kjeldahl agregar 10.0 g de mezcla y 15,0 cm³ de H₂SO₄ comercial y poner en digestión en los digestores Kjeldahl de 500 a 800 cm³ hasta que aclare completamente (color verde claro).

Dejar enfriar completamente y agregar 240 cm³ de agua destilada.

b) Destilación.

El destilado se recibe sobre 100 cm³ de ácido bórico en un balón o erlenmeyer de 500 cm³

Se agregaron al balón Kjeldahl 75 cm³ de soda comercial (sin agitar) y unas pocas granallas de cinc, luego colocar cuidadosamente en destilador Kjeldahl, con el calentador previamente prendido y el balón para recibir el destilado, previamente colocado en el destilador.

Se ajustó el tapón de la trampa de destilación y agito cuidadosamente. No se debe omitir el abrir el agua de refrigeración. La destilación no debe ser muy rápida, pues el amoníaco no alcanza a solubilizarse en el ácido bórico produciéndose el escape de este.

Se mantuvo el calentamiento hasta que ya no se detecto desprendimiento de amoníaco por medio de papel tornasol en 1 gota del destilado. Debe tenerse otro recipiente con agua destilada para lavar el tubo de inmersión sobre la solución de bórico y sumergirlo en agua una vez terminada la destilación. Retirando el balón con el borato de amonio.

Se retiró el calor sin desconectar el equipo. Por enfriamiento el agua de lavado ascendió hasta el balón, permitiendo mantener limpio el equipo de destilación.

11.1.4.2.5 Determinación de carbohidratos.* se determinó calculo por diferencia

11.1.4.2.6 Determinación de fibra. Se determinó mediante procedimiento a continuación descrito (Inés Bernal de Ramírez, 1994).

Se transfirió cuantitativamente el residuo sobrante de la extracción del extracto etéreo al recipiente de digestión. Se añadió 100 ml de la solución de ácido sulfúrico hirviendo, más 5 gotas de alcohol amílico, conectándose inmediatamente al condensado y calentar, manteniendo la ebullición durante 30 minutos exactos teniendo cuidado de que no haya material fuera de contacto con la solución. Se retiró del calor y filtrándose inmediatamente a través de la tela filtrante y con ayuda del vacío.

Se lavó con agua caliente hasta fin de acidez y se secó la tela con el residuo, transfiriendo nuevamente el residuo al erlenmeyer por medio de una póliza y lavando con 100 cm³ de la solución de soda caliente. Se añadieron unas gotas de antiespumante. Se llevaron a ebullición bajo reflujo hirviendo durante 30 minutos exactos. Mientras tanto se prepararon en un crisol de filtración o un crisol común seco y tarado.

Finalizado los 30 minutos se filtraron a través del crisol de filtración o en el Bücher, utilizando la misma tela, se secó y transfirió el residuo seco al crisol. Se lavó la tela con unas gotas de agua caliente reservando los lavados en el mismo crisol. Se secó el crisol y su contenido hasta peso constante en una estufa a 110°C.

Se enfrió y peso (A), y luego se dejó calcinar el crisol en una mufla a 600°C hasta que se destruyó la materia orgánica en un tiempo de 20 minutos. Finalmente se enfrió en el desecador y se peso (B).

Se procedió a obtener el porcentaje de fibra de acuerdo a la relación.

Cálculo: (A-B) = Pérdida de peso

$$\text{Fibra (\%)} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

11.1.4.3 Análisis microbiológico. Se realizaron en la harina análisis de coliformes totales, coliforme fecales, aerobios mesófilos, hongos y levaduras y *Staphylococcus*, necesarios para constatar que la producción de harina se efectuó con total higiene.

11.1.4.4 Examen microscópico. Se examinaron en un microscópico trinocular Nikon Eclipse E200 se observaron granos de la harina de fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), para determinar si existía la presencia de algún material extraño.

11.1.4.5 Análisis sensorial. Para la evaluación sensorial se utilizó la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) cuya característica bromatológica, microbiológica fuese apta para el consumo humano. Se seleccionó un grupo focal de 20 catadores conformado por estudiante de la Universidad del Magdalena.

Para la degustación, se brindaron empanaditas rellenas de carne molida, deditos, arepitas y buñuelos.

Para la elaboración de los buñuelos se utilizó dos tazas de harina de la fruta de árbol de pan, queso rallado, huevo, sal y polvo de hornear. Se mezcló la harina con las yemas de huevo, el queso rallado, la sal y el polvo de hornear; se amasó bien y, se tomó pequeñas porciones, se hicieron bolitas y se frieron en aceite hasta que hasta que estuviesen doradas.

En la preparación de las arepitas se requirió dos tazas de harina, una taza de queso rallado, mantequilla, una cucharadita de sal y leche tibia. Se mezcló la harina con la leche tibia después se agregó el queso rallado, mantequilla y la sal. Se amasó la mezcla y se dio forma a las arepas, las cuales fueron asadas.

Al hacer las empanaditas con carne se utilizaron una taza de harina de la fruta del árbol de pan, sal, una cucharadita de cilantro picado, carne molida y agua. Se preparó la masa con la harina, sal y el agua, aparte se sofrió en aceite la carne molida y el cilantro picado. Finalmente se formaron las empanaditas y se rellenaron con la preparación hecha a la carne y se frieron en aceite.

Para la elaboración de los deditos se preparó la masa con una taza de la harina de fruto del árbol de pan, media taza de harina de trigo, sal, un huevo y media taza de leche. Se estiró y cortó la masa en tiras y se dio forma con el queso hasta formar los deditos y se frieron en aceite hasta que estuviesen doradas.

A cada catador se le distribuyó al azar el orden de degustación de cada muestra.

La prueba de degustación se realizó durante 4 días consecutivos por lo cual cada panelista degustó un solo tipo de producto alimenticio elaborado a partir de la harina de fruto de árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

Individualmente, diligenciaron sobre un formulario sus apreciaciones con base a las características (Aroma, color, sabor, textura).

11.1.5 Determinación de los costos preliminares de producción de harina a partir de la fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) y de los cuatro productos alimenticios derivados. Se determinaron los costos variables y los costos fijos que se generaron durante el proceso para obtención de harina a partir del fruto pan (*Artocarpus altilis*) y de los cuatro productos: arepas, deditos, buñuelos y empanadas.

12. RESULTADOS Y DISCUSION

12.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*)

12.1.1 Adquisición y recepción de materia prima. Los frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), fueron adquiridos en el municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena-Colombia.

12.1.2 Pesaje. Los frutos enteros fueron pesados en una balanza analítica de precisión, con el fin de determinar el rendimiento del proceso.

12.1.3 Lavado. Con agua clorada (2 ppm) buscando reducir la carga bacteriana y eliminar impurezas y suciedades.

12.1.4 Selección. Para garantizar la calidad del producto final se escogió la fruta a través de los criterios establecidos en el procedimiento de selección.

Se seleccionó la fruta que cumplió los criterios establecidos, descartando en el muestreo 1, la fruta número 11 por tener un peso igual a 394 gramos y en el muestreo 3, la fruta número 9 por encontrarse dañada. Ver Tablas 10,11 y 12.

Tabla 10 Muestreo 1 de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

| NÚMERO DE MUESTRA | PESO FRUTA (g) |
|-------------------|----------------|
| 1 | 1,308 |
| 2 | 892 |
| 3 | 1,002 |
| 4 | 1,040 |
| 5 | 950 |
| 6 | 904 |
| 7 | 1,230 |
| 8 | 968 |
| 9 | 868 |
| 10 | 912 |
| 12 | 696 |
| 13 | 1,040 |
| 14 | 1,376 |
| 15 | 730 |
| 16 | 744 |
| 17 | 1,230 |

Tabla 11. Muestreo 2 de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

| NÚMERO DE MUESTRA | PESO FRUTA (g) |
|-------------------|----------------|
| 1 | 1,294 |
| 2 | 1,154 |
| 3 | 1,152 |
| 4 | 1,298 |
| 5 | 1,334 |
| 6 | 1,290 |
| 7 | 1,068 |
| 8 | 1,038 |
| 9 | 1,536 |
| 10 | 1,168 |
| 11 | 912 |
| 12 | 1,226 |
| 13 | 1,200 |
| 14 | 987 |
| 15 | 932 |

Tabla 12. Muestreo 3 de la fruta del árbol (*Artocarpus altilis*) de pan prueba 3

| NÚMERO DE MUESTRA | PESO FRUTA (g) |
|-------------------|----------------|
| 1 | 940 |
| 2 | 936 |
| 3 | 782 |
| 4 | 946 |
| 5 | 890 |
| 6 | 1,046 |
| 7 | 1,186 |
| 8 | 1,226 |
| 10 | 1,044 |
| 11 | 948 |
| 12 | 1,020 |
| 13 | 1,046 |
| 14 | 900 |
| 15 | 842 |
| 16 | 945 |
| 17 | 1,328 |
| 18 | 1,168 |
| 19 | 946 |

Se determinó los valores promedios de pesos correspondientes a las muestras de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

Peso promedio de Muestreo 1 de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

993,1g

Peso promedio de Muestreo 2 de la fruta del árbol de pan
(*Artocarpus altilis*). 1172,6g

Peso promedio de Muestreo 3 de la fruta del árbol de pan
(*Artocarpus altilis*) 1007,7g

Se determinó el peso promedio de la muestras y se garantizó que las frutas cumplieran con los parámetros de selección establecidos para obtener el rendimiento del producto final.

12.1.5 Pelado ó Adecuación. Se retiró la cáscara manualmente evitando que quedara cáscara adherida a la fruta, para no proporcionar a la harina sabor amargo.

12.1.6 Pesaje. Las tajadas finas del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fueron pesadas igual que los desechos, cáscaras y semillas con el propósito de establecer el rendimiento de la harina. Ver Tablas 13, 14 y 15

Tabla 13. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 1

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO CÁSCARA (g) | PESO SEMILLA (g) | DESECHOS (g) | PESO PULPA (g) | RENDIMIENTO PORCENTUAL DE LA PULPA (%) |
|----------------------|----------------|------------------|------------------|--------------|----------------|--|
| 1 | 1308,0 | 156,0 | 78,0 | 134,0 | 940,0 | 71,87 |
| 2 | 892,0 | 288,0 | 98,0 | 152,0 | 354,0 | 39,69 |
| 3 | 1002,0 | 140,0 | 96,0 | 84,0 | 682,0 | 68,06 |
| 4 | 1040,0 | 308,0 | 82,0 | 24,0 | 626,0 | 60,19 |
| 5 | 950,0 | 286,0 | 76,0 | 22,0 | 566,0 | 59,58 |
| 6 | 904,0 | 188,0 | 64,0 | 110,0 | 542,0 | 59,96 |
| 7 | 1230,0 | 233,0 | 96,0 | 233,0 | 668,0 | 54,31 |
| 8 | 968,0 | 268,0 | 88,0 | 34,0 | 578,0 | 59,71 |
| 9 | 868,0 | 264,0 | 74,0 | 36,0 | 494,0 | 56,91 |
| 10 | 912,0 | 210,0 | 46,0 | 90,0 | 566,0 | 62,06 |
| 12 | 696,0 | 222,0 | 66,0 | 110,0 | 298,0 | 42,82 |
| 13 | 1040,0 | 254,0 | 50,0 | 140,0 | 596,0 | 57,31 |
| 14 | 1376,0 | 294,0 | 62,0 | 116,0 | 904,0 | 65,70 |
| 15 | 730,0 | 228,0 | 72,0 | 28,0 | 402,0 | 55,07 |
| 16 | 744,0 | 266,0 | 80,0 | 38,0 | 360,0 | 48,39 |
| 17 | 1230,0 | 300,0 | 92,0 | 109,0 | 729,0 | 59,27 |

Cálculos realizados. Se determinó los valores promedios de los pesos de la fruta y los componentes como la cáscara, la semilla, sus desechos y el peso de la pulpa resultante.

Peso promedio de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*): 993,1g

Peso promedio de cáscara: 244,1g

Peso promedio de semilla: 76,3g

Tabla 14. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 2

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO CÁSCARA (g) | PESO SEMILLA (g) | DESECHOS (g) | PESO PULPA (g) | RENDIMIENTO PORCENTUAL DE LA PULPA (%) |
|----------------------|----------------|------------------|------------------|--------------|----------------|--|
| 1 | 1294,0 | 148,0 | 78,0 | 128,0 | 940,0 | 72,64 |
| 2 | 1154,0 | 190,0 | 83,0 | 132,0 | 749,0 | 64,90 |
| 3 | 1152,0 | 142,0 | 70,0 | 33,0 | 907,0 | 78,73 |
| 4 | 1298,0 | 222,0 | 78,0 | 53,0 | 945,0 | 72,80 |
| 5 | 1334,0 | 155,0 | 76,0 | 117,0 | 986,0 | 73,91 |
| 6 | 1290,0 | 188,0 | 64,0 | 118,0 | 920,0 | 71,32 |
| 7 | 1068,0 | 274,0 | 96,0 | 30,0 | 668,0 | 62,55 |
| 8 | 1038,0 | 208,0 | 88,0 | 144,0 | 598,0 | 57,61 |
| 9 | 1536,0 | 254,0 | 74,0 | 238,0 | 970,0 | 63,15 |
| 10 | 1168,0 | 188,0 | 86,0 | 92,0 | 802,0 | 68,66 |
| 11 | 912,0 | 210,0 | 46,0 | 90,0 | 566,0 | 62,06 |
| 12 | 1226,0 | 148,0 | 76,0 | 92,0 | 910,0 | 74,23 |
| 13 | 1200,0 | 254,0 | 50,0 | 150,0 | 746,0 | 62,17 |
| 14 | 987,0 | 294,0 | 62,0 | 97,0 | 534,0 | 54,10 |
| 15 | 932,0 | 238,0 | 52,0 | 65,0 | 577,0 | 61,91 |

Al igual que la tabla anterior se calculó el peso promedio de la fruta y los componentes como la cáscara, la semilla, sus desechos y el peso de la pulpa resultante

Peso promedio de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*): 1172,6 g

Peso promedio de cáscara: 207,5 g

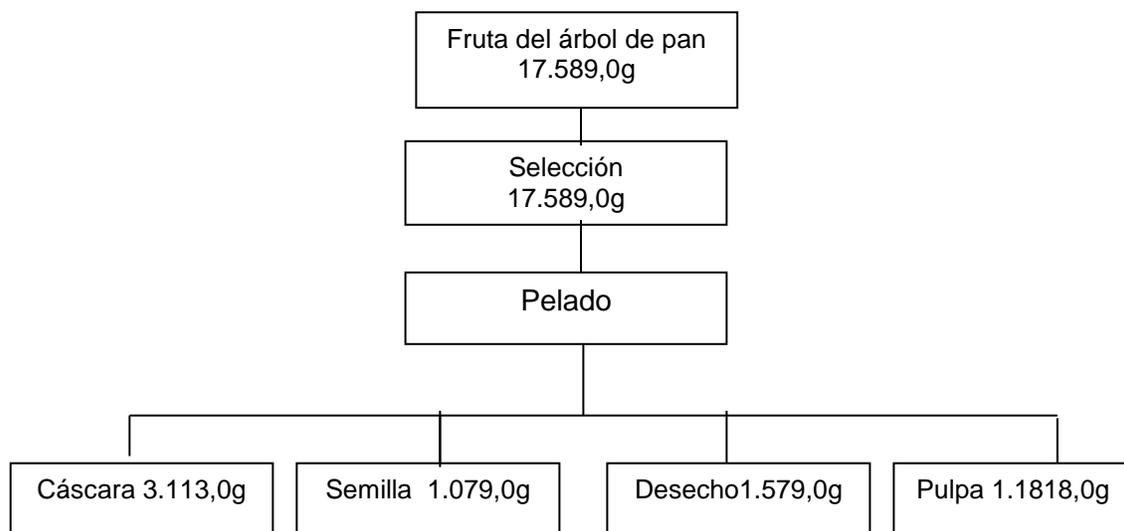
Peso promedio de semilla: 71,9 g

Peso promedio de desecho: 105,3 g

Peso promedio de pulpa:

787,9 g

Figura 5. BALANCE DE MATERIA PRIMA EN LA OPERACIÓN DE PELADO PARA LAS FRUTAS DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) DEL MUESTREO 2



Al realizar la operación de pelado para las frutas del muestreo 2 se obtuvieron 17,7 % de cáscara, 6,1 % de semilla, 9,0% de desechos y rendimiento de 67,2% de la pulpa, atribuidos a factores como: La fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) que se adquirió cumplió con los criterios de selección establecidos, razón por la cual ninguna fue eliminada. Igualmente se efectuó un mejor retiro de la cáscara que impidió el desperdicio de la pulpa.

Tabla 15. Distribución porcentual del peso en diferentes partes de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 3

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO CÁSCARA (g) | PESO SEMILLA (g) | DESECHOS (g) | PESO PULPA (g) | RENDIMIENTO PORCENTUAL DE LA PULPA (%) |
|----------------------|----------------|------------------|------------------|--------------|----------------|--|
| 1 | 940,0 | 134,0 | 78,0 | 30,0 | 698,0 | 74,26 |
| 2 | 936,0 | 288,0 | 98,0 | 36,0 | 514,0 | 54,91 |
| 3 | 782,0 | 140,0 | 90,0 | 40,0 | 512,0 | 65,47 |
| 4 | 946,0 | 258,0 | 82,0 | 8,0 | 598,0 | 63,21 |
| 5 | 890,0 | 286,0 | 76,0 | 19,0 | 509,0 | 57,19 |
| 6 | 1046,0 | 188,0 | 64,0 | 72,0 | 722,0 | 69,02 |
| 7 | 1186,0 | 233,0 | 96,0 | 89,0 | 768,0 | 64,76 |
| 8 | 1226,0 | 268,0 | 88,0 | 150,0 | 720,0 | 58,73 |
| 10 | 1044,0 | 189,0 | 76,0 | 81,0 | 698,0 | 66,86 |
| 11 | 948,0 | 164,0 | 66,0 | 96,0 | 622,0 | 65,61 |
| 12 | 1020,0 | 254,0 | 50,0 | 51,0 | 665,0 | 65,20 |
| 13 | 1046,0 | 294,0 | 62,0 | 75,0 | 615,0 | 58,80 |
| 14 | 900,0 | 138,0 | 72,0 | 83,0 | 607,0 | 67,44 |
| 15 | 842,0 | 136,0 | 50,0 | 58,0 | 598,0 | 71,02 |
| 16 | 945,0 | 143,0 | 88,0 | 28,0 | 686,0 | 72,59 |
| 17 | 1328,0 | 268,0 | 88,0 | 84,0 | 888,0 | 66,87 |
| 18 | 1168,0 | 188,0 | 86,0 | 72,0 | 822,0 | 70,38 |
| 19 | 946,0 | 148,0 | 79,0 | 44,0 | 675,0 | 71,35 |

Al igual que las tablas anteriores se calculó el peso promedio de la fruta y los componentes como la cáscara, la semilla, sus desechos y el peso de la pulpa resultante

Peso promedio de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) : 1007,7 g

Peso promedio de cáscara: 206,5 g

Peso promedio de semilla: 77,2 g

Las frutas del muestreo 2 presentaron un mejor rendimiento de la pulpa con respecto a las frutas de los muestreos 1 y 3, gracias a que en la operación de pelado, se realizó un mejor retiro de la cáscara sin desperdiciar mucha pulpa, esto influyó en gran medida en el rendimiento del proceso. También influyó que la fruta no presentó significativos daños debido a magulladuras, golpes, rajaduras, hongos, laceraciones, lo que permitió que la cantidad de desechos resultante fuese inferior lo que proporcionó un mayor aprovechamiento de la pulpa.

12.1.7 Deshidratación. Las frutas troceadas fueron llevadas al horno deshidratador marca Montero.

12.1.8 Pesaje. Las tajadas finas deshidratadas fueron pesadas para determinar su nuevo peso. Ver Tablas 16,17 y 18

Tabla 16. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 1.

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO PULPA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | RENDIMIENTO DE MASA SECA (g/100g) | |
|----------------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 1308,0 | 940,0 | 290,0 | 22,17 | 30,85 |
| 2 | 892,0 | 354,0 | 186,0 | 20,85 | 52,54 |
| 3 | 1002,0 | 682,0 | 174,0 | 17,37 | 25,51 |
| 4 | 1040,0 | 626,0 | 218,0 | 20,96 | 34,82 |
| 5 | 950,0 | 566,0 | 170,0 | 17,89 | 30,04 |
| 6 | 904,0 | 542,0 | 140,0 | 15,49 | 25,83 |
| 7 | 1230,0 | 668,0 | 82,0 | 6,67 | 12,28 |
| 8 | 968,0 | 578,0 | 192,0 | 19,83 | 33,22 |
| 10 | 868,0 | 494,0 | 166,0 | 19,12 | 33,60 |
| 11 | 912,0 | 566,0 | 187,0 | 20,50 | 33,04 |
| 12 | 696,0 | 298,0 | 32,0 | 4,60 | 10,74 |
| 13 | 1040,0 | 596,0 | 182,0 | 17,50 | 30,54 |
| 14 | 1376,0 | 904,0 | 307,0 | 22,31 | 33,96 |
| 15 | 730,0 | 402,0 | 122,0 | 16,71 | 30,35 |
| 16 | 744,0 | 360,0 | 198,0 | 26,61 | 55,00 |
| 17 | 1230,0 | 729,0 | 309,0 | 25,12 | 42,39 |

(a). Con base en el peso de la fruta.

(b). Con base en el peso de la pulpa.

Después efectuado la operación de deshidratación a las frutas del muestreo 1, se estimó el rendimiento promedio del material deshidratado con respecto al peso de la fruta y el peso de la pulpa, estos fueron 18,4% y 32,2%.

Tabla 17. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 2.

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO PULPA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | RENDIMIENTO DE MASA SECA (g/100g) | |
|----------------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 1294,0 | 940,0 | 290,0 | 22,41 | 30,85 |
| 2 | 1154,0 | 749,0 | 155,0 | 13,43 | 20,69 |
| 3 | 1152,0 | 907,0 | 228,0 | 19,79 | 25,14 |
| 4 | 1298,0 | 945,0 | 278,0 | 21,42 | 29,42 |
| 5 | 1334,0 | 986,0 | 267,0 | 20,01 | 27,08 |
| 6 | 1290,0 | 920,0 | 240,0 | 18,60 | 26,09 |
| 7 | 1068,0 | 668,0 | 163,0 | 15,26 | 24,40 |
| 8 | 1038,0 | 598,0 | 145,0 | 13,97 | 24,25 |
| 9 | 1536,0 | 970,0 | 302,0 | 19,66 | 31,13 |
| 10 | 1168,0 | 802,0 | 201,0 | 17,21 | 25,06 |
| 11 | 912,0 | 566,0 | 187,0 | 20,50 | 33,04 |
| 12 | 1226,0 | 910,0 | 279,0 | 22,76 | 30,66 |
| 13 | 1200,0 | 746,0 | 182,0 | 15,17 | 24,40 |
| 14 | 987,0 | 534,0 | 198,0 | 20,06 | 37,08 |
| 15 | 932,0 | 577,0 | 167,0 | 17,92 | 28,94 |

(a). Con base en el peso de la fruta.

(b). Con base en el peso de la pulpa.

Se estimó el rendimiento promedio del material deshidratado con respecto al peso de la fruta y el peso de la pulpa, estos fueron 18,5% y 27,9%.

Tabla 18. Distribución de pesos durante la deshidratación de frutos del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 3.

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | PESO PULPA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | RENDIMIENTO DE MASA SECA (g/100g) | |
|----------------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 940,0 | 698,0 | 176,0 | 18,72 | 25,21 |
| 2 | 936,0 | 514,0 | 122,0 | 13,03 | 23,74 |
| 3 | 782,0 | 512,0 | 112,0 | 14,32 | 21,88 |
| 4 | 946,0 | 598,0 | 145,0 | 15,33 | 24,25 |
| 5 | 890,0 | 509,0 | 108,0 | 12,13 | 21,22 |
| 6 | 1046,0 | 722,0 | 289,0 | 27,63 | 40,03 |
| 7 | 1186,0 | 768,0 | 294,0 | 24,79 | 38,28 |
| 8 | 1226,0 | 720,0 | 255,0 | 20,80 | 35,42 |
| 10 | 1044,0 | 698,0 | 154,0 | 14,75 | 22,06 |
| 11 | 948,0 | 622,0 | 112,0 | 11,81 | 18,01 |
| 12 | 1020,0 | 665,0 | 98,0 | 9,61 | 14,74 |
| 13 | 1046,0 | 615,0 | 143,0 | 13,67 | 23,25 |
| 14 | 900,0 | 607,0 | 99,0 | 11,00 | 16,31 |
| 15 | 842,0 | 598,0 | 154,0 | 18,29 | 25,75 |
| 16 | 945,0 | 686,0 | 166,0 | 17,57 | 24,20 |
| 17 | 1328,0 | 888,0 | 289,0 | 21,76 | 32,55 |
| 18 | 1168,0 | 822,0 | 267,0 | 22,86 | 32,48 |
| 19 | 946,0 | 675,0 | 155,0 | 16,38 | 22,96 |

(a). Con base en el peso de la fruta.

(b). Con base en el peso de la pulpa.

Después efectuado la operación de deshidratación a las frutas del muestreo 3, se estimó el rendimiento del material deshidratado con respecto al peso de la fruta y el peso de la pulpa, estos fueron 16,9% y 25,7%.

12.1.9 Molienda. Se empleó un molino convencional alimentado con las tajadas del fruto de pan deshidratadas para obtener harina. Ver Tablas 19, 20 y 21

Tabla 19. Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 1

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | MATERIAL MOLIDO (g) | HARINA RENDIMIENTO PORCENTUAL (g/100g) | |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 1308,0 | 290,0 | 277,6 | 22,17 | 95,72 |
| 2 | 892,0 | 186,0 | 180,7 | 20,85 | 97,15 |
| 3 | 1002,0 | 174,0 | 172,8 | 17,37 | 99,31 |
| 4 | 1040,0 | 218,0 | 215,9 | 20,96 | 99,04 |
| 5 | 950,0 | 170,0 | 168,2 | 17,89 | 98,94 |
| 6 | 904,0 | 140,0 | 138,2 | 15,49 | 98,71 |
| 7 | 1230,0 | 82,0 | 72,3 | 6,67 | 88,17 |
| 8 | 968,0 | 192,0 | 172,8 | 19,83 | 90,00 |
| 10 | 868,0 | 166,0 | 162,9 | 19,12 | 98,13 |
| 11 | 912,0 | 187,0 | 186,5 | 20,50 | 99,73 |
| 12 | 696,0 | 32,0 | 28,9 | 4,60 | 90,31 |
| 13 | 1040,0 | 182,0 | 181,3 | 17,50 | 99,62 |
| 14 | 1376,0 | 307,0 | 305,0 | 22,31 | 99,35 |
| 15 | 730,0 | 122,0 | 118,5 | 16,71 | 97,13 |
| 16 | 744,0 | 198,0 | 188,9 | 26,61 | 95,40 |
| 17 | 1230,0 | 309,0 | 307,2 | 25,12 | 99,42 |

(a). Con base en peso inicial del fruto.

(b). Con base en el material deshidratado.

El rendimiento promedio de la harina producida a partir de las frutas del muestreo 1 fue igual al 18,4% y el rendimiento promedio de la harina con base a material deshidratado fue del 96,6 %, indicando que en la operación de molienda, existió una pérdida del material de 3.4%. Esta pérdida no influyó significativamente en el rendimiento del producto final

Tabla 20. Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 2

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | MATERIAL MOLIDO (g) | HARINA RENDIMIENTO PORCENTUAL (g/100g) | |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 1294,0 | 290,0 | 287,6 | 22,23 | 99,17 |
| 2 | 1154,0 | 155,0 | 152,9 | 13,25 | 98,65 |
| 3 | 1152,0 | 228,0 | 225,8 | 19,60 | 99,04 |
| 4 | 1298,0 | 278,0 | 276,8 | 21,33 | 99,57 |
| 5 | 1334,0 | 267,0 | 265,6 | 19,91 | 99,48 |
| 6 | 1290,0 | 240,0 | 234,0 | 18,14 | 97,50 |
| 7 | 1068,0 | 163,0 | 159,1 | 14,90 | 97,61 |
| 8 | 1038,0 | 145,0 | 143,0 | 13,78 | 98,62 |
| 9 | 1536,0 | 302,0 | 301,2 | 19,61 | 99,74 |
| 10 | 1168,0 | 201,0 | 200,4 | 17,16 | 99,70 |
| 11 | 912,0 | 187,0 | 185,6 | 20,35 | 99,25 |
| 12 | 1226,0 | 279,0 | 276,5 | 22,55 | 99,10 |
| 13 | 1200,0 | 182,0 | 179,0 | 14,92 | 98,35 |
| 14 | 987,0 | 198,0 | 195,0 | 19,76 | 98,48 |
| 15 | 932,0 | 167,0 | 164,2 | 17,62 | 98,32 |

(a). con base en peso inicial del fruto.

(b). con base en el material desecado.

El rendimiento promedio de la harina producida a partir de las frutas del muestreo 2 fue de 18,5% y 98,8% el de la harina con base en el material deshidratado. Es decir la fase de molienda fue adecuada con alto rendimiento (98,80 g/100g).

Tabla 21 Producción y rendimiento de harina a partir frutas del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) muestreo 3

| NÚMERO DE LA MUESTRA | PESO FRUTA (g) | MATERIAL DESHIDRATADO (g) | MATERIAL MOLIDO (g) | HARINA RENDIMIENTO PORCENTUAL (g/100g) | |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--|-------|
| | | | | (a) | (b) |
| 1 | 940,0 | 176,0 | 174,0 | 18,51 | 98,86 |
| 2 | 936,0 | 122,0 | 119,0 | 12,71 | 97,54 |
| 3 | 782,0 | 112,0 | 108,0 | 13,81 | 96,43 |
| 4 | 946,0 | 145,0 | 143,8 | 15,20 | 99,17 |
| 5 | 890,0 | 108,0 | 102,9 | 11,56 | 95,28 |
| 6 | 1046,0 | 289,0 | 287,7 | 27,50 | 99,55 |
| 7 | 1186,0 | 294,0 | 293,0 | 24,70 | 99,66 |
| 8 | 1226,0 | 255,0 | 253,0 | 20,64 | 99,22 |
| 10 | 1044,0 | 154,0 | 152,4 | 14,60 | 98,96 |
| 11 | 948,0 | 112,0 | 110,5 | 11,66 | 98,66 |
| 12 | 1020,0 | 98,0 | 97,6 | 9,57 | 99,59 |
| 13 | 1046,0 | 143,0 | 142,8 | 13,65 | 99,86 |
| 14 | 900,0 | 99,0 | 97,8 | 10,87 | 98,79 |
| 15 | 842,0 | 154,0 | 153,2 | 18,19 | 99,48 |
| 16 | 945,0 | 166,0 | 165,2 | 17,48 | 99,52 |
| 17 | 1328,0 | 289,0 | 287,8 | 21,67 | 99,58 |
| 18 | 1168,0 | 267,0 | 265,8 | 22,76 | 99,55 |
| 19 | 946,0 | 155,0 | 153,8 | 16,26 | 99,23 |

(a). con base en peso inicial del fruto.

(b). con base en el material desecado.

El rendimiento promedio de la harina producida a partir de las frutas del muestreo 3 fue de 16,9% y el rendimiento promedio de la harina con base en el material deshidratado fue igual a 98,8 %. Es decir la operación de molienda realizada a las tajadas finas deshidratadas fue adecuada y eficiente con sólo una pérdida de 1,20 g/100g.

12.2 RENDIMIENTO PORCENTUAL DE LA HARINA PRODUCIDA A PARTIR DEL NÚMERO TOTAL DE FRUTAS DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*).

Para determinar el rendimiento total se compararon los pesos de las harinas producidas en los distintos muestreos y los pesos iniciales de las 51 frutas del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). El rendimiento total arrojó como resultado 17,9% de rendimiento. Este rendimiento se considera alto con respecto al rendimiento de las harinas de otras especies vegetales poseen un rendimiento aproximado del 8%.

Peso inicial de las 51 frutas del árbol de pan= 51.618,0 g

Peso total de la harina = $\sum (H_{M1} + H_{M2} + H_{M3}) = 9.232,7$ g

$$\text{RENDIMIENTO (\%)} = \frac{\sum (H_{M1} + H_{M2} + H_{M3})}{\text{PESO INICIAL DE LAS FRUTAS}} \times 100$$

$$\text{RENDIMIENTO (\%)} = \frac{9.232,7 \text{ g}}{51.618,0 \text{ g}} \times 100$$

RENDIMIENTO (%) = 17,90%

De las 51 frutas de árbol de pan utilizadas en los distintos muestreos se obtuvieron 33.040,0 gramos de pulpa, destinados para la fabricación de la harina; y 4.155,0 gramos de desechos que se dispusieron en bolsas de plástico con el fin de darle la respectiva deposición como residuos sólidos.

10.735,0 gramos de cáscara y 3.688,0 gramos de semillas fueron destinados a la realización de nuevas investigaciones.

Tabla 22. Peso total de los componentes de la frutas del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| NÚMERO TOTAL DE MUESTRA | PESO TOTAL DE CÁSCARA (g) | PESO TOTAL DE SEMILLA (g) | PESO TOTAL DE DESECHOS (g) | PESO TOTAL PULPA (g) |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| 51 | 10.735,0 | 3.688,0 | 4.155,0 | 33.040,0 |

12.3 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE AGUA ELIMINADO POR LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*).

Según Earle, en un principio se creyó que el agua contenida en un producto alimenticio era de dos tipos: agua libre y agua asociada. Desde años parece que tal división es una simplificación excesiva y no es realmente útil. (Earle, 1979)

El agua está retenida por fuerzas cuya intensidad varía desde muy débiles (que retienen el agua superficial) a la de enlaces químicos muy fuertes. Es evidente que durante la deshidratación se separa con facilidad fácilmente el agua que esta retenida más débilmente.

Cabe esperar por ello que las velocidades de deshidratación disminuyan a medida que decrece el contenido en humedad y que queda esté unida más fuertemente a medida que su cantidad disminuye.

De ahí que la cantidad de agua eliminada por la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) durante el proceso de deshidratación lo fuera tal como se presenta en la Tabla 23:

Tabla 23. Determinación porcentual del agua eliminada por la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) durante diversos muestreos.

| MUESTREO | PORCENTAJE DE AGUA ELIMINADA (G/100G) |
|--|--|
| Fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) Muestreo 1 | 67,80 |
| Fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) Muestreo 2 | 72,10 |
| Fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) Muestreo 3 | 74,30 |

12.4 GRADO DE MADUREZ DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*).

Se establecieron seis grados de color de acuerdo con la evolución de la maduración y las necesidades del mercado y de los consumidores.

| GRADO DE MADURACIÓN | IMAGEN | CARACTERÍSTICAS |
|-------------------------------|--|--|
| Grado 1. Verde lima |  | Color normal de la fruta fresca. Ideal para el procesamiento de subproductos (harina y chips). |
| Grado 2. Ligeramente verde |  | Primer cambio de color durante el ciclo de maduración. Adecuada para el procesamiento de subproductos (harina y chips) |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Grado 3. Verde amarillo</p> |  | <p>Recomendado para la distribución al detallista durante la estación fría. Apropiaada para el procesamiento de subproductos (harina y chips).</p> |
| <p>Grado 4. Ligeramente amarillo</p> |  | <p>Pronunciado estado inicial del ciclo de maduración. Listo para entregar al detallista durante la estación caliente.</p> |
| <p>Grado 5. Amarillo</p> |  | <p>Ideal para el consumo y procesamiento de subproductos (bocadillos, mermelada, jugos).</p> |
| <p>Grado 6. Amarillo con pintas cafés.</p> |  | <p>Color amarillo con un alto valor nutritivo y procesamiento rápido por su alto estado de maduración.</p> |

12.5 ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN

El grado de madurez involucra aspectos como cambios en el contenido de sólidos solubles totales Brix(%) y cambio en la acidez.

12.5.1 Cambios en el contenido de sólidos solubles totales Brix(%). De acuerdo a pruebas que se realizaron, se estableció el contenido de sólidos solubles (Brix (%)) en cada uno de los estados de maduración de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) que se muestra en la Tabla 24. El procedimiento utilizado es el descrito en la metodología.

Tabla 24. Porcentaje de sólidos solubles totales Brix(%) presentes en cada uno de los grados de madurez de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| Estado de maduración | 1 Verde lima | 2 Ligeramente verde | 3 Verde amarillo | 4 Ligeramente amarillo | 5 Amarillo | 6 Amarillo con puntas cafés |
|----------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Brix(%) | 6.5 | 6.7 | 7.2 | 7.5 | 7.9 | 8.3 |

12.5.2 Cambio de acidez. Se encontró, que la acidez de la pulpa, expresada en función del pH, alcanzó el máximo climatérico un poco después y acuosa, luego ocurrió un ligero descenso a medida que la maduración progresaba: La piel o cáscara de la fruta mostró una tendencia similar, pero ligeramente retardada con respecto a la de la pulpa, demostrando que la maduración ocurre de la masa hacia la cáscara.

Tabla 25. Porcentaje de acidez expresada en pH presente en cada uno de los grados de madurez de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| Estado de maduración | 1 Verde lima | 2 Ligeramente verde | 3 Verde amarillo | 4 Ligeramente amarillo | 5 Amarillo | 6 Amarillo con puntas cafés |
|----------------------|-----------------|------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|
| Ph | 7.2 | 6.88 | 6.68 | 6.42 | 6.22 | 5.95 |
| Acidez* | 0.51 | 0.55 | 0.65 | 0.69 | 0.67 | 0.63 |

Fuente: Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos- CITA

12.6 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN

12.6.1 Color. El color es un factor importante para valorar la calidad de un alimento. En efecto: está ligado frecuentemente a la maduración, presencia de impureza, realización atrofiada o defectuosa de un tratamiento tecnológico, malas condiciones de almacenamiento, comienzos de una alteración por microorganismos, comienzos de una alteración etc (Cheftel, J. Cheftel H, 1992).

El color de cáscara y pulpa de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), en cada uno de los grados de madurez se presenta en la Tabla 26.

Tabla 26. Color de la cáscara y la pulpa de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en cada uno de los grados de maduración

| ESTADO DE MADURACIÓN | COLOR | |
|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | CÁSCARA | PULPA |
| 1 | Verde lima | Blanca |
| 2 | Ligeramente verde | Blanca |
| 3 | Verde amarillo | Blanca |
| 4 | Ligeramente amarillo | Crema |
| 5 | Amarillo | Ligeramente Amarillo |
| 6 | Amarillo con pintas cafés. | Amarillo |

Fuente: Los Autores.

12.6.2 Sabor y aroma. El sabor y el aroma dependen de la relación entre el contenido de azúcar y de ácidos de la riqueza en tanino (causante de astringencia) y la presencia de numerosos compuestos volátiles tales como ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos (Cheftel, J. Cheftel H, 1992).

La producción de sustancias volátiles en las frutas está directamente relacionada con la maduración y factores que sobre ellas inciden como etileno y temperatura.

El sabor y el aroma característicos en cada uno de los grados de maduración aparecen en la Tabla 27.

Tabla 27. Sabor y aroma característicos en cada uno de los grados de madurez de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

| CARACTERÍSTICAS | | |
|----------------------|---------------------|--------------------------|
| ESTADO DE MADURACIÓN | SABOR | AROMA |
| 1 | Pastoso | Imperceptible |
| 2 | Pastoso | Leve |
| 3 | Ligeramente pastoso | Ligeramente Astringente |
| 4 | Poco dulce | Astringente |
| 5 | Dulce | Medianamente astringente |
| 6 | Dulce- acido | Muy astringente |

Fuente: Los Autores

12.6.3 Textura. La textura de un alimento depende en gran parte del observador, la palabra textura designa en el lenguaje actual de la tecnología de alimentos y las disciplinas científicas que a ellas se dedican, el efecto que percibimos o a veces medimos indirectamente de los elementos estructurales presentes en los alimentos cuando los someten a deformaciones mecánicas. Las sensaciones que se manifiestan durante esta percepción son: las del tacto, de la tensión (quinesia), de la posición (propiocepción) (Cheftel, J. Cheftel H, 1992).

La textura se realizó palpando frutas en diferente grados de maduración. En el grado inicial, la textura de la fruta era firme y altamente pegajosa. Posterior al último grado de maduración se pudo percibir que la fruta se tornó poco firme hasta encontrarse blanda y jugosa.

Tabla 28. Textura presentada en cada uno de los grados de maduración de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| GRADO DE MADURACIÓN | CARACTERÍSTICAS TEXTURA |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | Firme y altamente pegajosa |
| 2 | Firme y ligeramente pegajosa* |
| 3 | Poco firme y pegajosa |
| 4 | Poco firme y menos pegajosa |
| 5 | Blanda |
| 6 | Blanda y jugosa |

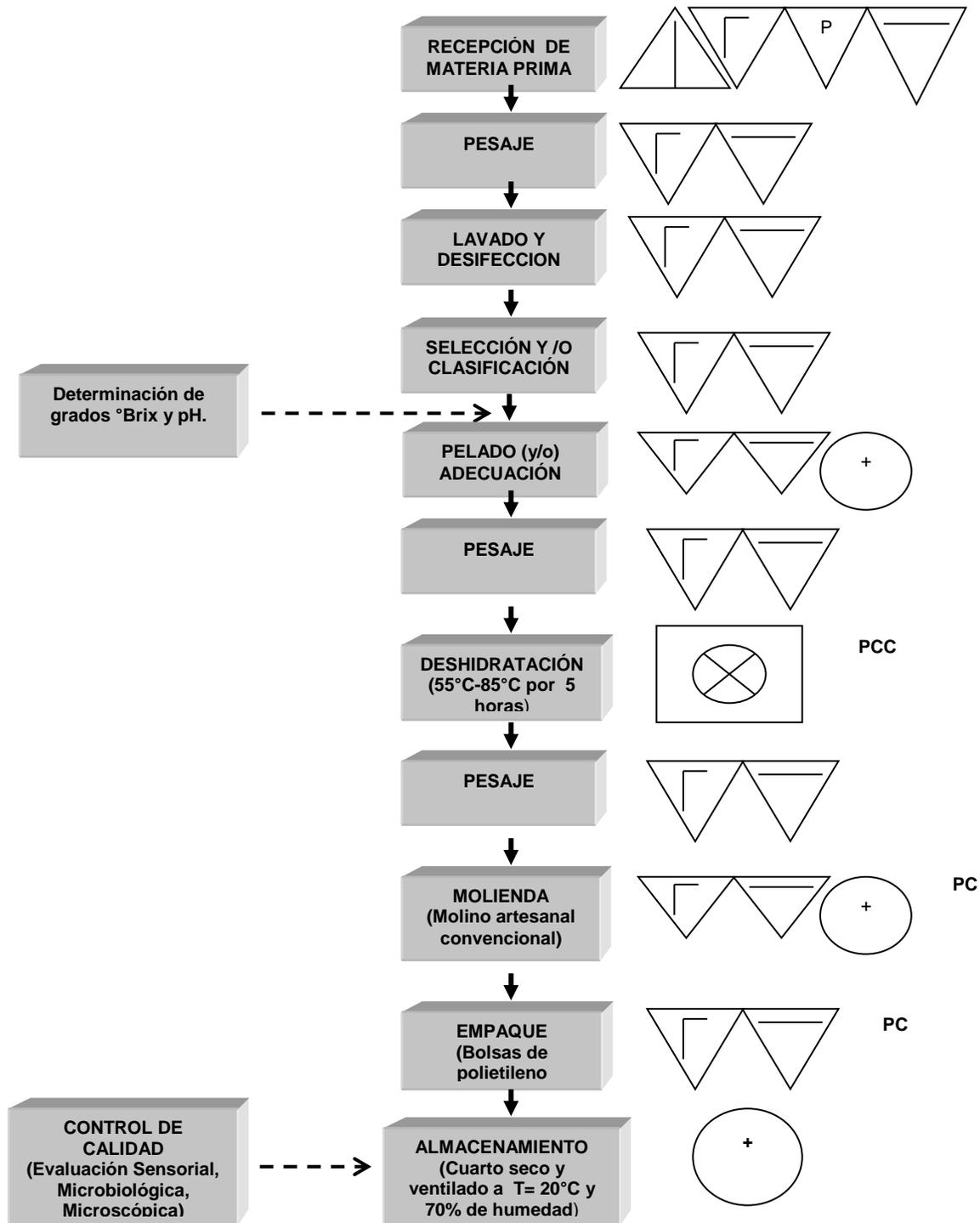
* Textura óptima para la producción de harina.

La harina se elaboró con las frutas en estado de maduración 2 debido a su textura, firme y ligeramente pegajosa, que facilitó mejor manipulación al momento de realizar la operación de pelado.

12.7 CONTROL DE CALIDAD DE LA HARINA ELABORADA CON LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*).

12.7.1 Análisis H.A.C.C.P para el procesamiento de la harina a partir de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Se aplicó el sistema de riesgos y puntos críticos de control (H.A.C.C.P), al diagrama de flujo de la producción de harina a partir de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Ver figura 7

Figura 7. Punto críticos de control durante de la producción de harina a partir de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).



12.7.1.1 Recepción de materia prima. se consideró un punto crítico, porque el origen o procedencia de la materia prima no es control de los procesadores de tal manera que sin aquélla es defectuosa no existe una etapa posterior durante la elaboración del producto en donde se pueda corregir o mejorar la calidad de la materia prima.

12.7.1.2 Pesaje. se estableció como punto crítico, debido a una posible contaminación por personas, por utensilios y equipo. La utilización de accesorios de trabajo en mal estado higiénico, contaminan directamente el producto.

12.7.1.3 Lavado. Se determinó como punto crítico, porque puede ocurrir posible contaminación por utensilios posible contaminación por personas. En este paso es muy importante, verificar la procedencia del material a utilizar, el personal encargado de esta actividad debe realizarla adecuadamente.

12.7.1.4 Selección. Se consideró una posible contaminación por equipos o utensilios, independiente de que hay manipulación de la fruta la que se realiza mecánicamente y realizándose con posterioridad al lavado. Se debe seleccionar adecuadamente la materia prima en cuanto a calidad y procedencia la materia prima sospechosa o de dudosa procedencia debe rechazarse.

12.7.1.5 Pelado. Se estableció una posible contaminación por utilizar cuchillos inadecuados o sucios, por los operarios que se encuentran en malas condiciones higiénicos o de salud, podrían contaminar directamente el producto. El operario debe usar tapabocas, guante.

12.7.1.6 Pesaje. Se consideró una posible contaminación por personas, por utensilios y equipo. La utilización de accesorios de trabajo en mal estado higiénico, contaminarían directamente el producto.

12.7.1.7 Deshidratación. No obstante que ocurre destrucción térmica de microorganismos. Se estableció una operación de punto crítico debido a que podría haber contaminación por equipos. Se determinó como medida correctiva una adecuada asepsia del deshidratador y tener un programa de limpieza y desinfección periódica del equipo.

12.7.1.8 Pesaje. se estableció una posible contaminación por personas, por utensilios y equipo. La utilización de accesorios de trabajo en mal estado higiénico, contaminarían directamente el producto

12.7.1.9 Molienda. Se consideró como punto crítico, por realizarse a temperatura ambiente, la contaminación que puede ocasionar el personal encargado en esta labor; o la posible por parte de equipo y utensilios. Se determinó como medida correctiva, las condiciones de limpieza lo más higiénicas posibles, libre de insectos o animales portadores de microorganismos patógenos.

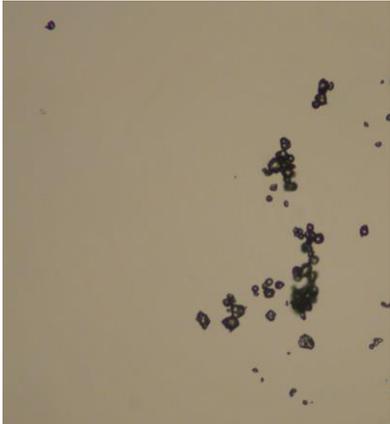
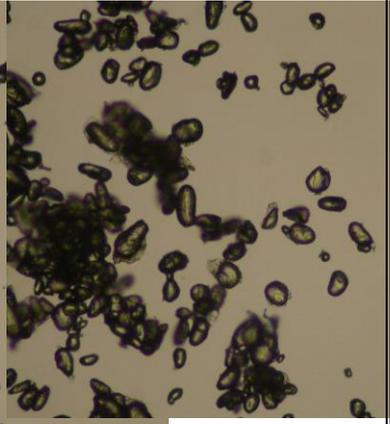
12.7.1.10 Empaque. Se estableció un punto crítico de control por existir riesgos que no pueden ser subsanados en una etapa posterior. Se determinó como medida correctiva, verificar que los operarios utilicen los accesorios requeridos en esta operación y además emplear buenas normas higiénicas y efectuar la operación en el tiempo adecuado para evitar la contaminación por agentes extraños, se debe verificar las características del empaque sean las adecuadas en productos alimenticios.

12.7.1.11 Almacenamiento. Se consideró que puede ocurrir multiplicación de microorganismos xerófilos, ya que es factible la aparición de las condiciones óptimas para la proliferación de agentes patógenos ocasionando el deterioro del producto terminado. Por esta razón se debe controlar la temperatura de los cuartos de almacenamiento tres o cuatro veces al día para mantener adecuada, antes de iniciar las labores de almacenamiento para limpiar y desinfectar el sitio.

12.7.2 Examen microscópico. Los resultados se presentan en la Figura 8.

Los granos de harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), analizados al microscopio, no poseían materiales extraños ni se encontraban contaminados por insectos o y no se encontró contaminada por insectos.

Figura 8. Apariencia microscópica de los granos de diversas harinas

| | | |
|--|---|--|
|  |  |  |
| Harina de la fruta del árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>) | Harina de plátano | Harina de maíz |

Fuente: Los Autores

12.7.3 Análisis bromatológico. Se presentan en la Tabla 29

La harina presentó un nivel de humedad igual a 11,48 g/100g (sin peligros de crecimiento de hongos) indicando que se encontró dentro de los parámetros de aceptación de las harinas para panificación, donde el nivel de humedad máximo es igual a 14,00 g/100g.

El contenido porcentual de grasa en la harina fue igual a 1,07; menor al valor determinado en la harina hecha con la semilla del mismo fruto.

El contenido de ceniza encontrado para la harina de fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue de 1,07 g/100g.

El contenido de fibra encontrado para la harina de fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue igual a 0,30 g/100g.

El contenido de carbohidratos determinado en la harina de fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue igual a 78,18 g/100g.

El contenido de proteína establecido en la harina de fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue de 6,02 g/100g.

Tabla 29. Contenido bromatológico de la harina de la fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) sin semillas

| ANÁLISIS | RESULTADOS BASE HÚMEDA |
|------------------------|------------------------|
| HUMEDAD (g/100g) | 11,48 |
| CENIZAS (g/100g) | 3,01 |
| GRASA (g/100g) | 1,07 |
| PROTEÍNA (g/100g) | 6,20 |
| FIBRA (g/100g) | 0,30 |
| CARBOHIDRATOS (g/100g) | 78,17 |

Fuente: Los Autores

Tabla 30. Comparación entre los componentes bromatológicos de harina de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) y harinas de otras especies vegetales.

| ALIMENTO | HUMEDAD (g) | PROTEINA (g) | GRASA (g) | FIBRA (g) | CENIZA (g) | CARBOHIDRATOS (g) |
|--|----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|----------------------|
| ¹ ÁRBOL DE PAN HARINA (PULPA) | 11,48 | 6,20 | 1,07 | 0,30 | 3,01 | 78,17 |
| ² HARINA DE SOYA | - | 39,70 | 23,10 | 2,20 | 4,80 | - |
| ³ HARINA DE YUCA | - | 1,40 | - | 1,60 | 1,90 | - |
| ⁴ HARINA DE LENTEJA | - | 19,20 | 1,10 | 1,10 | 3,40 | - |
| ⁵ HARINA DE MAÍZ | - | 8,00 | 1,00 | 1,50 | - | 80,00 |
| ⁶ HARINA DE TRIGO | 12,03 | 10,00 | 1,10 | 1,28 | - | 74,78 |
| ⁷ ÁRBOL DE PAN HARINA (semilla) | 10,00 | 11,30 | 6,80 | 4,10 | 4,90 | 62,80 |

FUENTE: 1 LOS AUTORES, 2 FAN Y SOSULSKI (1974), 3 CLAYUCA, 4 FAN Y SOSULSKI (1974), 5 ALIMENTO POLAR COLOMBIA S.A., 6 HARINERA PARDO S.A., 7 ECOALDEA.

12.7.4 Resultados microbiológicos. Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el laboratorio de la Doctora Ruth de Vizcaíno. En la Tabla 31, se presentan los resultados, observándose que el número mas probable de coliformes totales en la muestra de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue <10 y el de coliformes fecales igual a cero.

El recuento de mesofilos en la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue <10. Fue negativa la presencia de de *Staphylococcus coagulada* positiva.

Tabla 31. Microorganismos patógenos presentes en la muestra de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| MICROORGANISMO | MUESTRA DE LA HARINA |
|--|----------------------|
| Recuento total de aerobios Mesofilos (UFC/g) | <10 |
| Coniformes fecales (NMP/g) | 0 |
| Recuento de hongos y levaduras (UFC/g) | <10 |
| Recuento de Coliformes totales (NMP/g) | <10 |
| Staphylococcus coagulasa + (UFC/g) | (-) |

Fuente: Doctora Ruth de Vizcaíno, Santa Marta.

12.7.5 Análisis sensorial. Con relación al aroma, sabor y textura de los productos elaborados (empanada, arepa, deditos y buñuelo), los resultados estadísticos mostraron que existió gran aceptación durante las pruebas de degustación.

Se tabularon las apreciaciones hechas por 20 catadores con respecto a la aceptación de los productos: empanada, dedito, arepa y buñuelo.

Los resultados fueron analizados con el Test de Cochran, el cual compara la aproximación del chi-cuadrado con la ecuación de distribución Q, estudiando solamente la información de las hileras que satisfacen la inecuación $0 < T_i < K$ y excluyendo aquellas hileras en que no haya diferencia y, por lo tanto, no satisfagan la citada inecuación.

Se asume que no hay diferencia en el tratamiento, es decir todas las muestras son tratadas en igualdad de condiciones, por la hipótesis nula H_0 , considerando al número de respuestas correctas.

$$H_0 = E(T_1) = E(T_2) = E(T_3) = \dots = E(T_K)$$

Si no existe efecto en el tratamiento, el test de Cochran Q, con $K-1$ grados de libertad se escribe como:

$$Q = \frac{K(K-1) \sum_{K=1}^K \left(T_K - \bar{T} \right)^2}{K \sum_{i=1}^n T_i - \left(\sum_{i=1}^n (T_i) \right)^2}$$

Donde:

Q= Test de Conchran

K= Número de condiciones a tratar

$\phi = K-1$ grados de libertad

T_k= Número de aciertos bajo la k-ésima condición.

\bar{T} = Numero de aciertos para i-ésimo dividido por el numero de condiciones a tratar

T_i= numero de aciertos para el i-ésimo sujeto.

En la Tabla 32 aparece la distribución al azar del orden en que los panelistas degustaron cada alimento en los lapsos considerados.

Después de realizarse las degustaciones a las respuestas de los evaluados se les asignaron valores de uno para "SI" y cero para "NO", con base en las características organolépticas de interés (Aroma, sabor y textura). Ver Tablas 33, 34 y 35.

Tabla32. Orden de suministros de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de árbol de pan (*Artocarpus altilis*), durante la prueba de degustación (2 de octubre de 2007).

| NÚMERO DEL SUJETO | DISTRIBUCION AL AZAR DEL PERIODO DE DEGUSTACIÓN | | | |
|-------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 2 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 5 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 6 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| 7 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| 8 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 2 | 4 | 1 | 5 |
| 11 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 14 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 15 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 16 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 17 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 18 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 19 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 20 | 5 | 2 | 4 | 1 |

E= Empanada, D= Dedito, A= Arepa, B= Buñuelo.

Test de Cochran para la evaluación del sabor los resultados se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Frecuencia de soluciones para la característica sabor de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (*Artocarpus altilis*), evaluados según el Test de Cochran.

| NÚMERO DEL SUJETO | ALIMENTO EVALUADO | | | | TOTAL |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | E | A | D | B | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| TOTAL | 20 | 19 | 19 | 20 | 78 |

E= Empanada, **D**= Dedito, **A**= Arepa, **B**= Buñuelo.

En la tabla 33 se presentan los resultados resumidos en frecuencias de soluciones correctas para la característica sabor, considerándose las hileras que cumplieron la inecuación $0 < T_i < K$:

Línea tres: 1 0 1 1

$$T_1 = 1; T_2 = 0; T_3 = 1; T_4 = 1$$

$$\sum_{i=1}^n (T_i) = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$\left(\sum_{i=1}^n (T_i) \right)^2 = (3)^2 = 9$$

$K=4$ (4 productos alimenticios)

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{K} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Grados de libertad: $K-1 = 4-1 = 3$

$$Q = \frac{K(K-1) \sum_{K=1}^K \left(T_K - \bar{T} \right)^2}{K \sum_{i=1}^n T_i - \left(\sum_{i=1}^n (T_i) \right)^2}$$

$$Q = \frac{4(4-1)[(1-0,75)^2 + (1-0,75)^2 + (1-0,75)^2]}{4(3)-9} = 0,75$$

$$\chi_{(3)(95\%)}^2 = 7,815$$

Tabulado

$$Q = 0,75 < \chi_{(3)(95\%)}^2 = 7,815$$

Tabulado

No hubo diferencias estadísticas significativas en la evaluación por parte de los panelistas entre los sabores de la empanada, arepa, dedito y buñuelo.

La hilera catorce es: 0 1 1 1, por lo cual la solución de **Q** es la misma que la anterior y se llega a la misma significancia estadística.

Test de Cochran para la evaluación del aroma los resultados aparecen debidamente resumidos en frecuencia en la Tabla 34.

Tabla 34. Frecuencia de soluciones para la característica olor de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (*Artocarpus altilis*), evaluados según el Test de Cochran.

| NÚMERO DEL SUJETO | ALIMENTO EVALUADO | | | | TOTAL |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | E | A | D | B | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| TOTAL | 19 | 19 | 20 | 20 | 78 |

E= Empanada, D= Dedito, A= Arepa, B= Buñuelo.

En este caso también la hilera tres cumple con la inecuación $0 < T_i < 0$.

Línea tres: 1 0 1 1

$T_1 = 1$; $T_2 = 0$; $T_3 = 1$; $T_4 = 1$

$$\sum_{i=1}^n (T_i) = 3; \quad \left(\sum_{i=1}^n (T_i) \right)^2 = (3)^2 = 9$$

$K=4$

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{K} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Grados de libertad: $K-1 = 4-1 = 3$

$$Q = \frac{4(4-1) \left[(1-0,75)^2 + (1-0,75)^2 + (1-0,75)^2 \right]}{4(3)-9} = 0,75$$

$$\chi_{(3)(95\%)}^2 = 7,815$$

Tabulado

$$Q = 0,75 < \chi_{(3)(95\%)}^2 = 7,815$$

Tabulado

Entonces, no hubo diferencias estadísticas significativas en la evaluación por parte de los panelistas entre los olores de los productos alimenticios formulados y elaborados con la harina del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*). Se constata también este resultado observando la frecuencia de solución para la hilera ocho (Tabla 34).

Test de Cochran para la evaluación de la textura, los resultados aparecen debidamente resumidos en frecuencia en la Tabla 35.

Tabla 35. Frecuencia de soluciones para la característica textura de los productos elaborados a partir de la harina de fruto de pan (*Artocarpus altilis*), evaluados según el Test de Cochran.

| NÚMERO DEL SUJETO | ALIMENTO EVALUADO | | | | TOTAL |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | E | A | D | B | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 19 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| TOTAL | 19 | 20 | 19 | 20 | 78 |

E= Empanada, D= Dedito, A= Arepa, B= Buñuelo.

En la tabla 35, se observa también que las hileras diecisiete y diecinueve cumplen con la inecuación $0 < T_i < 0$. Por lo cual, tampoco existen diferencias estadísticas

poco significativas por las preferencias de los sabores de la empanada, arepa, dedito y buñuelo por parte de los panelistas.

12.8 ANÁLISIS DE COSTOS PRELIMINARES PARA LA ELABORACIÓN DE LA HARINA DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus altilis*) Y DE LOS CUATRO PRODUCTOS ALIMENTICIOS DERIVADOS.

12.8.1 Costos preliminares para la elaboración de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

Tabla 36. Costos variables durante el proceso de la obtención de harina a partir del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| Concepto | Unidad (Kg) | Costo por Unidad (Pesos) | Costo Total (Pesos) |
|-------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| Fruto Pan | 51.60 | 75 | 3.870 |
| Agua | 5.0 | 30 | 150 |
| Hipoclorito de Sodio | 30 (cc) | 12 | 360 |
| Mano de Obra | 1 | 1.875 | 1.875 |
| Total Costos Variables | | | 6.255 |

Tabla 37. Costos fijos durante el proceso de la obtención de harina a partir del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*).

| CONCEPTO | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------|---------------------|
| Energía Eléctrica | 850 |
| Gas | 670 |
| Depreciación | 217 |
| Total Costos Fijos | 1737 |

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Costos Totales} &= \text{CV} + \text{CF} \\
 &= 6.255 + 1.737 \\
 &= 7.992
 \end{aligned}$$

Con base a la cantidad de harina de fruto pan obtenida de los 51, 6 kilogramos procesado el resultado fue de 9.61 kilogramo de harina, por ende el valor por kilogramo de la harina de fruto pan es de 831,6 pesos/kg.

12.8.2 Análisis de costos preliminares para la elaboración de los cuatro productos alimenticios derivados.

12.8.2.1 Empanada

Tabla 38. Costos variables durante el proceso de la obtención de la empanada

| Concepto | Unidad (KG) | Costo por Unidad (Pesos) | Costo Total (Pesos) |
|----------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|
| Harina de Fruta del árbol de Pan | 0,5 | 831,6 | 415,8 |
| Agua | 0,12 | 30 | 3,6 |
| Sal | 0,15 | 600 | 90 |
| Cilantro | 0,1 | 300 | 30 |
| Carne molida | 0,12 | 6000 | 720 |
| Mano de Obra | 1 | 1.875 | 1.875 |
| Total Costos Variables | | | 3.134 |

Tabla 39. Costos fijos durante el proceso de la obtención de la empanada

| CONCEPTO | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------|------------------------|
| Energía Eléctrica | 850 |
| Gas | 670 |
| Depreciación | 217 |
| Total Costos Fijos | 1737 |

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Costos Totales} &= \text{CV} + \text{CF} \\
 &= 3.134 + 1.737 \\
 &= 4.871
 \end{aligned}$$

El costo de preparar veinte empanadas es de \$4.871, por ende el valor de preparar una empanada es de \$243,5.

12.8.2.2 Buñuelo

Tabla 40. Costos variables durante el proceso de la obtención del buñuelo

| CONCEPTO | UNIDAD (Kg) | COSTO POR UNIDAD (PESOS) | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------|
| Harina de fruta de árbol de Pan | 0,4 | 831,6 | 332,64 |
| Agua | 0,12 | 30 | 3,6 |
| Queso | 0,20 | 5000 | 1000 |
| Huevo | 0,15 | 200 | 30 |
| Sal | 0,15 | 600 | 90 |
| Harina de trigo | 0,1 | 1200 | 120 |
| Leche | 0,03 | 1200 | 36 |
| Mano de Obra | 1 | 1.875 | 1875 |
| Total Costos Variables | | | 3.487 |

Tabla 41. Costos fijos durante el proceso de la obtención de buñuelo.

| CONCEPTO | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------|--------------------------------|
| Energía Eléctrica | 850 |
| Gas | 670 |
| Depreciación | 217 |
| Total Costos Fijos | 1737 |

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Costos Totales} &= \text{CV} + \text{CF} \\
 &= 3.487 + 1.737 \\
 &= 5.224
 \end{aligned}$$

El costo de preparar veinte buñuelos es de \$5.224, por ende el valor de preparar una empanada es de \$261,2.

12.8.2.3 Arepa

Tabla 42. Costos variables durante el proceso de la obtención de arepas.

| Concepto | Unidad (Kg) | Costo por Unidad (Pesos) | Costo Total (Pesos) |
|---------------------------------|------------------------|---|--------------------------------|
| Harina de fruta de árbol de Pan | 0,5 | 831,6 | 415,8 |
| Agua | 0,12 | 30 | 3,6 |
| Sal | 0,15 | 600 | 90 |
| Queso | 0,20 | 5000 | 1000 |
| Mano de Obra | 1 | 1.875 | 1.875 |
| Total Costos Variables | | | 3.384 |

Tabla 43. Costos fijos durante el proceso de la obtención de arepas.

| CONCEPTO | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------|--------------------------------|
| Energía Eléctrica | 850 |
| Gas | 670 |
| Depreciación | 217 |
| Total Costos Fijos | 1737 |

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Costos Totales} &= \text{CV} + \text{CF} \\
 &= 3.384 + 1.737 \\
 &= 5.121
 \end{aligned}$$

El costo de preparar veinte arepas es de \$5.121, por ende el valor de preparar una empanada es de \$ 256,07

12.8.2.4 Dedito

Tabla 44. Costos variables durante el proceso de la obtención del dedito

| CONCEPTO | UNIDAD (Kg) | COSTO POR UNIDAD (PESOS) | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------------|------------------------|---|--------------------------------|
| Harina de fruta de árbol de Pan | 0,4 | 831,6 | 332,64 |
| Agua | 0,12 | 30 | 3,6 |
| Queso | 0,30 | 5000 | 1500 |
| Huevo | 0,15 | 200 | 30 |
| Sal | 0,15 | 600 | 90 |
| Harina de trigo | 0,1 | 1200 | 120 |
| Leche | 0,03 | 1200 | 36 |
| Mano de Obra | 1 | 1.875 | 1875 |
| Total Costos Variables | | | 3.987 |

Tabla 45. Costos fijos durante el proceso de la obtención del dedito

| CONCEPTO | COSTO TOTAL (PESOS) |
|---------------------------|--------------------------------|
| Energía Eléctrica | 850 |
| Gas | 670 |
| Depreciación | 217 |
| Total Costos Fijos | 1737 |

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Costos Totales} &= \text{CV} + \text{CF} \\
 &= 3.987 + 1.737 \\
 &= 5.724
 \end{aligned}$$

El costo de preparar veinte arepas es de \$5.724, por ende el valor de preparar una empanada es de \$ 286,212

CONCLUSIONES

La materia prima adquirida en el municipio de Ciénaga, presentó apariencia, textura y sabor aceptables para el procesamiento en la harina.

El nivel de humedad de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue igual a 11,48g /100g.

El porcentaje de grasa (1,07 g/100g) en la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue menor que el valor establecido en la harina fabricada con su semilla (6,0 g /100g).

El fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), presenta mayor contenido de proteína (6,02 g/100g) que el referenciado para la papa, la yuca, el maíz, el plátano y el arroz; además es rico en niacina, calcio, potasio y hierro.

El contenido de fibra encontrado para la harina de fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue igual a 0,30 g /100g, carbohidratos totales 78,18 g /100g y el de cenizas, 3,01 g /100g.

El estado de maduración 2 fue adecuada para la fabricación de harina ya que así el fruto presento textura, firme y ligeramente pegajosa favorable para la manipulación de la fruta al momento de realizar la operación de pelado.

El rendimiento porcentual de la harina producida a partir del número total de frutas del árbol de pan (*artocarpus altilis*) fue 17,9%.

El recuento de mesofilos en la harina del fruto del árbol de pan (*Artocarpus altilis*) fue <10; y el de hongos y levaduras <10 se constató la presencia negativa de coniformes totales y coniformes fecales (NMP/g) en la harina.

El recuento de *Staphylococcus coagulasa* positiva presento recuento negativo en todos los estados ensayados.

Con relación al aroma, sabor, textura de los productos elaborados (empanada, arepa, deditos y buñuelo) a partir de la harina del fruto de pan (*Artocarpus altilis*), los resultados estadísticos mostraron que existió una gran aceptación durante las pruebas de degustación, analizados según la prueba no paramétrica de Cochran .

El costo preliminar de producción de harina del fruto del árbol de pan valor (*Artocarpus altilis*) fue: \$831,6 /kg.

RECOMENDACIONES

Con el fin de contar con suficientes condiciones que permitan una mejor manipulación durante el proceso de elaboración de la harina de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis*), se recomienda:

Rechazar frutas con peso inferior a 696 gramos con el fin de obtener mayor rendimiento.

Es conveniente agregarle bisulfito de sodio después de pelar la fruta para evitar la oxidación por exposición al ambiente.

Mejorar la fase de pelado y así no desperdiciar mucha pulpa ni dejar cáscara adherida a la fruta, ya que ésta proporciona a la harina sabor amargo.

Una vez efectuado el proceso de pelado y posterior trozado a las fruta es conveniente que la bandejas en las cuales se deposita las tajadas finas de la fruta se encuentren previamente desinfectadas y provistas de mallas para evitar la entrada de polvo e insectos, poniéndolas fuera del alcance de los roedores .

Siempre aplicar medidas para disminuir riesgos e implementar alternativas de controles.

BIBLIOGRAFÍA.

1. L. Acero. Guía para el cultivo y aprovechamiento del “Árbol del pan” *Artocarpus altilis*. Convenio Andrés Bello.1998
2. BARRIGA ALMENÁREZ, Efrén. Estudio de factibilidad para el montaje de una planta productora de harina de plátano en el departamento de Córdoba. Montería: Gobernación de Córdoba. 1996.
3. BELTRÁN, P. Fabio, E. Análisis de factores de riesgo y determinación de puntos críticos de control en procesamiento de alimentos. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública, Departamento de Formación Avanzada, 1988. p 140.
4. BERNAL DE RAMÍREZ, Inés. Análisis de alimentos. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Santa fé de Bogotá. 1994. p 51-53.
5. CHEFTEL, J. CHEFTEL H, Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Zaragoza, España: Acribia, 1992 Vol I y II.
6. DE LA RUA, Adelaida. El poder curativo de las frutas. Santafé de Bogotá: Intermedio. 1999. p.71
7. DEL RIO BRITTO, Enrique y VALLE KID, Elsi. Deshidratación de frutas tropicales banano (*Musa paradisiaca l*) y mango (*Manguifera indica l*) a partir de los excedentes de exportación de la Zona Bananera del Magdalena. Santa Marta, 1999.Trabajo de grado. Universidad del Magdalena. Facultad de Ciencias Económicas. Programa de Administración de Empresas Agropecuarias.

8. DÍAZ SANGAMA, Emilio. Obtención y evaluación de harina del fruto del Árbol (*Artocarpus Communis*) para el consumo humano. Iquitos, Perú, 1989. 120p. Tesis de grado (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
9. EARLE, R. Ingeniería de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia, p. 36
10. ELABORACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS. México: Trillas, 2001. p 44-45.
11. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Proceso de transformación del banano. Panamá: UPEB, 1986. p. 92-94, 96,99.
12. JUÁREZ HERNÁNDEZ, Elvira. Uso de la energía solar, en deshidratación de frutas y verduras. México: Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ingeniería Química, 1998, p 2.
13. LACERA, Armando; CASTRO GARCÍA, Alberto; CABRERA DURÁN, Eduardo; BANDERAS NARVAEZ, Libardo. Deshidratación de banano (*Musa cavendish*) mango (*Manguífera Indica*) y piña (*Ananas comusus*) para el consumo humano. Santa Marta, 1996, p. 125. Tesis de postgrado (Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Universidad del Magdalena. Instituto de Formación Avanzada (IFA). Especialización en Ciencias y Tecnología de Alimentos.
14. KADER, Adel. Fruta de pan: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Estados Unidos: Postharvest Technology Research & Information Center, 2006. p 1-2.

15. MINISTERIO DE AGRICULTURA y DESARROLLO RURAL DE COLOMBIA y EL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. Acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano en Colombia. Bogotá: Papel House Group, 2000. p.63.
16. POTTER, Norman; HOTCHKISS Joseph. Ciencia de los alimentos. España: Acribia, 1995. p. 429, 434-444.
17. RAMOS FERNÁNDEZ, Felicísimo. Repertorio en torno a las especies alimentarias más utilizadas. España, 1998. p. 2429.
18. RODRÍGUEZ TORRES, Moisés de Dios; GUERRERO DE CAMPO, Eunice; BARROS DE DONADO, Rosario. Producción de harina de banano en Ciénaga. Santa Marta, 1980, p.91. Tesis de Grado (Tecnología en Administración Agropecuaria). Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Administración Agropecuaria.
19. SCOPPETTA DIAZ GRANADOS, Orlando; SIERRA SOLER, Sabrina; QUINTERO MÁRQUEZ, Viviana. Departamento del Magdalena: indicadores demografía, salud, calidad de vida, educación, violencia y situaciones especiales. Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. 2005. p. 2.
20. WONG, Luis. Guía practica de manipuleo y conservación del pescado. Colombia: INDERENA-INPA, 1990. p. 20.
21. http://es.wikipedia.org/wiki/Artocarpus_altilis"

ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación sensorial.

| UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------|----|----|----|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---------------------|--|
| Observaciones: Pruebe por favor las muestras en el orden en que se le dan y responda "SI" o "NO" a las preguntas relacionadas a las características propuestas (aroma, sabor, textura). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Código evaluador: _____ fecha : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hora: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¿Le gustó el sabor? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><thead><tr><th rowspan="2">Muestra</th><th colspan="2">Calificación</th></tr><tr><th>SI</th><th>NO</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> | Muestra | Calificación | | SI | NO | 1 | | | 4 | | | 2 | | | 3 | | | ¿Le gustó el Aroma? | |
| Muestra | | Calificación | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SI | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><thead><tr><th rowspan="2">Muestra</th><th colspan="2">calificación</th></tr><tr><th>SI</th><th>NO</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> | Muestra | calificación | | SI | NO | 1 | | | 4 | | | 2 | | | 3 | | | |
| Muestra | calificación | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SI | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¿Le gustó la textura? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><thead><tr><th rowspan="2">Muestra</th><th colspan="2">Calificación</th></tr><tr><th>SI</th><th>NO</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> | Muestra | Calificación | | SI | NO | 1 | | | 4 | | | 2 | | | 3 | | | | |
| Muestra | | Calificación | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SI | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
