UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris gasipaes H.B.K)* para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques

Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos

Hannia Catalina Ugalde Rojas

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

2002

TRIBUNAL EXAMINADOR

Estudio de la deshidratación del pejibaye (*Bactris gasipaes H.B.K)* para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques

Hannia Catalina Ugalde Rojas.

Aprobado por:

Licda. María Lourdes Pineda Castro.
Directora.

Licda. Jacqueline Aeillo Ramírez.
Asesora.

Licda. Lea Wexler Goering
Asesora.

M.Sc. Ruth de la Asunción Romero.
Profesora Designada

M.Sc. Carmela Velázquez Carrillo.
Presidenta del Tribunal.

Dedicatoria

Para mis padres,
porque a lo largo de mi vida
siempre han sido mis manos amigas.

Cuando yo me desespero,
recuerdo que a lo largo de la historia
el camino de la verdad y el amor
siempre han triunfado.
Han habido tiranos y asesinos,
y durante algun tiempo
pueden parecer invencibles,
pero al final siempre caen.
Piensa en eso, siempre caen.

Gandhi.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, por ser fuente de amor, luz, alegría y fortaleza en mi vida, muy especialmente durante mis años de estudio.

Agradezco a mis padres todos los valores y las enseñanzas que me han trasmitido, todos los sacrificios realizados para permitirme obtener una carrera universitaria y muy especialmente todo el amor que siempre me han brindado.

A mis hermanos Alonso, Allan y Patricia por todas esas anécdotas y cariño compartido. A Alonso por las fotos aportadas a este trabajo y por enseñarme a confiar en mi.

A María Lourdes por compartir conmigo este tema de investigación, gracias por su confianza y colaboración en todo momento.

A las profesoras asesoras, Jacqueline y Lea, por su valioso apoyo a lo largo del proyecto.

A las profesoras. Elba Cubero y Sandra Calderón por su colaboración en el diseño del análisis sensorial.

Al Sr. Carlos Arroyo y al Banco de Germoplasma de la Universidad de Costa Rica, por donar parte de la materia prima utilizada en la investigación.

A Yenia, Karla, Yunlen, Carmen, Viviam, Carolina, Rocio y a mis compañeros por todo su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. GENERALIDADES	5
2.1.1. Características botánicas	6
2.1.2. Cultivo	7
2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA - NUTRICIONAL DEL PEJIBAYE	7
2.2.1. La grasa del pejibaye	8
2.2.2. Carbohidratos y fibra dietética	9
2.2.3. Vitaminas y minerales	10
2.2.4. Proteína del pejibaye	11
2.2.5. Factor antinutricional asociado al pejibaye	12
2.3. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS	13
2.3.1. El agua en el alimento	13
2.3.2. El secado con aire caliente	14
2.3.3. Curvas de secado	16
2.3.3.1. Análisis de las curvas de secado	17
2.3.4. Ventajas de los productos deshidratados	18
2.4. APLICACIONES DE LA HARINA DE PEJIBAYE	19
2.4.1. Elaboración de mezclas preparadas para queque	20
2.4.2. Componentes de la premezcla	21

Página

3. MATERIALES Y MÉTODOS 24

3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO 24

3.2. MATERIA PRIMA 24

3.3. EQUIPO UTILIZADO EN LOS LABORATORIOS Y EN LA PLANTA PILOTO

3.3.1. Descripción del secador piloto 25

3.4. METODOLOGÍA 26

3.4.1. Almacenamiento de la materia prima 26

3.4.2. Determinación del tipo de corte del pejibaye 26

3.4.3. Definición del número de repeticiones para realizar el estudio de deshidratación 27

3.4.4. Efecto de las condiciones del aire de secado sobre las cinéticas de Deshidratación del pejibaye 28

3.4.5. Molienda 30

3.4.6. Elaboración de la harina de pejibaye 30

3.4.7. Estudio del almacenamiento acelerado de la harina de pejibaye 33

3.4.8. Elaboración de la premezcla para queques con harina de pejibaye 33

3.4.8.1. Preparación de los descriptores para el panel de caracterización de las premezclas 35

3.4.8.2. Caracterización de los queques elaborados con las Diferentes premezclas 35

3.4.8.3. Definición del agrado general de los queques 37

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS 38

3.5.1. Análisis físico - químicos 38

3.5.1.1. Determinación de la humedad del pejibaye deshidratado 38

3.5.1.2. Determinación del color del pejibaye deshidratado 38

3.5.1.3. Determinación de la fuerza de penetración 39

3.5.1.4. Determinación de la fuerza de corte 40

3.5.2. Análisis sensoriales 40

3.5.2.1. Prueba utilizando escalas ancladas 40

3.5.2.2. Pruebas hedónicas utilizando una escala de nueve puntos 41

Página

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42

4.1. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA 42

4.2. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CORTE Y DE LA CARGA EN BANDEJAS PARA REALIZAR LAS CINETICAS DE SECADO DEL PEJIBAYE 47

4.3. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE REPETICIONES 50

4.4. ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN DEL PEJIBAYE CON AIRE CALIENTE 51

4.4.1. Efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del aire sobre el color del pejibaye deshidratado 57

4.5. CARACTERISTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL PEJIBAYE DESHIDRATADO MOLINO 59

4.6. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO ACELERADO DE LA HARINA DE PEJIBAYE 60

4.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS QUEQUES ELABORADOS CON LAS DIFERENTES PREMEZCLAS 62

4.7.1. Definición de las escalas ancladas 62

4.7.2. Intensidad del color 63

4.7.3. Intensidad del sabor 63

4.7.4. Textura 64

4.8. ESTUDIO DEL AGRADO GENERAL DE LOS QUEQUES ELABORADOS CON HARINA DE PEJIBAYE 65

5. CONCLUSIONES 67

6. RECOMENDACIONES 69

7. BIBLIOGRAFÍA 70

Página

APÉNDICE 73

APÉNDICE A. VALORES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO DE PEJIBAYE. 74

APÉNDICE B. VALORES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS DURANTE LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REPETICIONES PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN. 80

APÉNDICE C. ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN. 81

C.1. Repeticiones de las cinéticas de secado del pejibaye. 81

C.2. Características del pejibaye deshidratado según tratamiento aplicado. 85

APÉNDICE D. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE LA HARINA DE PEJIBAYE. 87

D.1. Hoja de evaluación sensorial de la harina de pejibaye utilizado en el estudio de almacenamiento acelerado. 87

D.2. Valores del color de la harina de pejibaye para el estudio de almacenamiento. 88

APÉNDICE E. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS QUEQUES. 89

E.1. Hojas de evaluación sensorial de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye. 89

E.2. Datos de los paneles sensoriales de caracterización de los queques según la sustitución de harina de pejibaye 93

E.3. Hoja de evaluación sensorial del agrado general de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye. 97

E.4. Resultado del panel sensorial de agrado general de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye 99

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.1.	Composición química del fruto del pejibaye por 100 g de porción comestible.	1
Cuadro 2.1.	Contenido de ácidos grasos en harina de pejibaye, la pulpa y la semilla.	8
Cuadro 2.2.	Contenido de aminoácidos esenciales en el fruto entero de pejibaye.	11
Cuadro 2.3.	Composición química de la harina de pejibaye.	20
Cuadro 3.1.	Equipo utilizado en el laboratorio de secado, química y análisis sensorial.	24
Cuadro 3.2.	Rangos de trabajo del secador piloto con aire caliente.	25
Cuadro 3.3.	Porcentaje de los ingredientes de la premezcla para queques con pejibaye.	34
Cuadro 3.4.	Referencias utilizadas para anclar las escalas de cada descriptor.	35
Cuadro 3.5.	Descripción de la escala del colorímetro.	38
Cuadro 4.1.	Cambios físicos y sensoriales observados en la pulpa del pejibaye almacenado a 5° C.	43
Cuadro 4.2.	Cambios físicos y sensoriales observados en la pulpa del pejibaye almacenado a temperatura ambiente.	43
Cuadro 4.3.	Resultado del análisis de varianza de las variaciones de la fuerza de corte y la fuerza de penetración obtenidos con diferentes condiciones de almacenamiento.	44
Cuadro 4.4.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para la fuerza de penetración aplicada en los frutos de pejibaye.	46
Cuadro 4.5.	Análisis de varianza aplicado a los tiempos finales de secado del pejibaye.	51
Cuadro 4.6.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para los tiempos finales (minutos) de secado de pejibaye según temperatura del aire caliente.	53
Cuadro 4.7.	Análisis de varianza aplicado a los tiempos finales de secado del pejibaye.	56
Cuadro 4.8.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para el tiempo final promedio de secado del pejibaye según el tratamiento aplicado.	56
Cuadro 4.9.	Valores promedio de los parámetros de color del pejibaye deshidratado molido.	57
Cuadro 4.10.	Análisis de varianza de color en el pejibaye deshidratado molido.	58
Cuadro 4.11.	Variaciones del color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento acelerado.	61
Cuadro 4.12.	Resultado del análisis de varianza de las variaciones del color, sabor, boronosidad y dureza de los queques al variar el porcentaje de harina de pejibaye.	63
Cuadro 4.13.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de color anaranjado en los queques de harina de pejibaye.	63
Cuadro 4.14.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de sabor a pejibaye en los queques de harina de pejibaye.	64
Cuadro 4.15.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de dureza en los queques de harina de pejibaye.	64
Cuadro 4.16.	Suma de calificaciones para las cuatro muestras evaluadas.	65

Página

Cuadro A.1. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración para el pejibaye fresco. 74
Cuadro A.2. Características organolépticas del pejibaye fresco. 74
Cuadro A.3. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el primer día de almacenamiento del pejibaye a 23° C. 74
Cuadro A.4. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante un día a 23° C. 74
Cuadro A.5. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el primer día de almacenamiento del pejibaye a 5° C. 75
Cuadro A.6. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante un día a 5° C. 75
Cuadro A.7. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el segundo día de almacenamiento del pejibaye a 23° C. 75
Cuadro A.8. Características organolépticas del pejibaye almacenado dos días a 23° C. 75
Cuadro A.9. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el segundo día de almacenamiento del pejibaye a 5° C. 76
Cuadro A.10. Características organolépticas del pejibaye almacenado dos días a 5° C. 76
Cuadro A.11. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el tercer día de almacenamiento del pejibaye a 23° C. 76
Cuadro A.12. Características organolépticas del pejibaye almacenado tres días a 23° C. 76
Cuadro A.13. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el tercer día de almacenamiento del pejibaye a 5° C. 77
Cuadro A.14. Características organolépticas del pejibaye almacenado tres días a 5° C. 77
Cuadro A.15. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el cuarto día de almacenamiento del pejibaye a 23° C. 77
Cuadro A.16. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 23°C 77
Cuadro A.17. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el cuarto día de almacenamiento del pejibaye a 5° C. 78
Cuadro A.18. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 5° C. 78
Cuadro A.19. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el quinto día de almacenamiento del pejibaye a 23° C. 78
Cuadro A.20. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante cuatro días a 23° C. 78
Cuadro A.21. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el quinto día de almacenamiento del pejibaye a 5° C. 79
Cuadro A.22. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 5° C. 79
Cuadro B.1. Color de las muestras decoloradas en la estufa. 80
Cuadro B.2. Valores de b de las muestras, para determinar la mínima diferencia detectada por los panelistas, en el pejibaye deshidratado 80
Cuadro C.1. Tiempo final de deshidratación y valores de los parámetros de color para el pejibaye deshidratado según el tratamiento aplicado. 85
Cuadro D.1. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 5° C. 88
Cuadro D.2. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 37° C. 88

Página

Cuadro D.3. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 45° C. 88

Cuadro E.1. Caracterización de la intensidad de color anaranjado en los queques con sustitución de harina de pejibaye. 93

Cuadro E.2. Caracterización de la intensidad de sabor a pejibaye en los queques con sustitución de harina de pejibaye. 94

Cuadro E.3. Caracterización de la intensidad del grado de boronosidad en los queques sustituidos con harina de pejibaye. 95

Cuadro E.4. Caracterización de la intensidad de la dureza en los queques sustituidos con harina de pejibaye. 96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Curva de secado de un sólido húmedo en aire caliente, a temperatura y humedad constante.	16
Figura 3.1. Diagrama del secador piloto.	25
Figura 3.2. Diagrama de flujo para la fabricación de harina de pejibaye.	31
Figura 3.3. Harina de pejibaye.	32
Figura 3.4. Presentación de las muestras en el panel de caracterización.	36
Figura 3.5. Forma de las muestras de los queques presentados en panel.	36
Figura 3.6. Corte del pejibaye para realizar la prueba de penetración.	39
Figura 3.7. Corte del pejibaye para determinar la fuerza de corte.	40
Figura 4.1. Comportamiento de la fuerza de corte del pejibaye durante su almacenamiento a temperatura ambiente y a 5° C.	45
Figura 4.2. Comportamiento de la fuerza de penetración del pejibaye durante su almacenamiento a temperatura ambiente y a 5° C.	46
Figura 4.3. Cinética de secado del pejibaye según el grosor del corte (carga 5,41 kg/m^2).	48
Figura 4.4. Cinéticas de deshidratación del pejibaye según la carga en bandejas.	49
Figura 4.5. Efecto de la temperatura del aire de secado en las cinéticas de secado del pejibaye a 2,5 m/s y 12 g agua/kg de aire seco.	52
Figura 4.6. Efecto de la temperatura y la humedad del aire sobre los valores promedios del tiempo final de secado del pejibaye.	53
Figura 4.7. Efecto de la temperatura y la velocidad del aire sobre los valores promedios del tiempo final de secado del pejibaye (velocidad 2,5 m/s)	54
Figura 4.8. Efecto de la velocidad del aire en las cinéticas de secado del pejibaye a 70° C y humedad de 12 g agua/kg de aire seco.	55
Figura 4.9. Efecto de la humedad del aire en las cinéticas de secado del pejibaye a 70° C y velocidad 2,5 m/s.	55
Figura 4.10. Curva de distribución del tamaño de partícula del pejibaye molido.	59
Figura C.1. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s.	81
Figura C.2. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s.	81

Página

Figura C.3. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s. 81
Figura C.4. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s. 82
Figura C.5. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s. 82
Figura C.6. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s. 82
Figura C.7. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s. 83
Figura C.8. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s. 83
Figura C.9. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s. 83
Figura C.10. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s. 84
Figura C.11. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s. 84
Figura C.12. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s. 84

RESUMEN

Se evalúo el efecto de diferentes tratamientos de secado sobre el tiempo final de deshidratación y la variación del color del pejibaye, con el fin de obtener una harina de pejibaye que funcionara como sustituto parcial de la harina de trigo en una premezcla para queques. Las variables evaluadas fueron: temperatura (60, 70 y 80° C), humedad (12 y 55 g agua/kg aire seco) y velocidad (1.0 y 2.5 m/s) del aire caliente. Además, se seleccionaron las condiciones adecuadas de almacenamiento de la materia prima, así como el corte y la carga en bandeja a utilizar en el proceso de secado. La evaluación de la harina de pejibaye se llevó a cabo en tres etapas: 1) el estudio del almacenamiento acelerado de la harina de pejibaye 2) la caracterización de los queques elaborados con diferentes grados de sustitución (10, 15, 20 y 25%) según la intensidad del color anaranjado, boronosidad, dureza y sabor a pejibaye detectada por panelistas semi-entrenados y 3) la evaluación del agrado general de los queques elaborados con las cuatro diferentes premezclas por parte de los consumidores.

Los resultados obtenidos determinan que el pejibaye se pueden almacenar a 5° C por un período de 5 días debido a que se dispuso de una materia prima más uniforme y se redujo la degradación del color y olor. Luego se obtuvo que el pejibaye cortado con una apertura en la cuchilla de 0.25 cm y colocado en cargas en bandejas de 6,14 kg/m^2, permite obtener deshidrataciones homogéneas y eficientes. El tiempo final de deshidratación del pejibaye no depende del efecto combinado entre las variables de temperatura, humedad y velocidad del aire caliente, lo que permitió evaluar cada una de las variables individualmente encontrándose que a mayor temperatura y velocidad del aire de caliente menor es el tiempo final de secado, mientras que a mayor humedad del aire mayor el tiempo de deshidratación del pejibaye. Determinándose que el tratamiento más apropiado de secado es el que utiliza una temperatura de 70° C, una humedad de 12 g de agua/kg aire seco y una velocidad del aire de 2.5 m/s.

Como resultados de la evaluación de la harina de pejibaye se tiene que ésta es inaceptable sensorialmente con 45 días de almacenamiento a 45° C y con 60 días de almacenamiento a 37° C. Asimismo, se presentan diferencias significativas entre el color, sabor y dureza de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de la harina de trigo con harina de pejibaye. Donde la intensidad del color y sabor aumenta al presentarse un mayor contenido de harina de pejibaye y la mayor dureza de la miga se obtiene con un 25% de sustitución. Finalmente se encontró que no hay diferencias entre las formulaciones según el agrado general, por lo que es viable elaborar premezclas con harina de pejibaye hasta con un 25% de sustitución sin afectar significativamente las características organolépticas deseadas por un consumidor común.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

El pejibaye (*Bactris gasipaes H.B.K)* es una de las palmeras americanas de cultivo más antiguo y extenso, por ser un producto que se desarrolla satisfactoriamente en condiciones tropicales, como las que presenta nuestro país.

Las principales características que tiene son: una alta productividad por hectárea, un bajo costo de producción y un alto valor nutritivo (Alfaro, 1988). Según Mora-Urpí (2000) actualmente en Costa Rica existen cultivadas 1000 hectáreas de las cuales un 65% se localizan en Tucurrique y el resto se distribuye entre la zona Atlántica y el Pacífico Sur; donde se registra una producción promedio de 4000 kg/hectárea y un máximo de 25000 kg/hectárea.

Debido a estas particularidades, en los últimos años varios investigadores han enfocado sus estudios al desarrollo de diversos productos, como es el caso de las investigaciones donde se elaboró un alimento infantil tipo colado (Gómez, 1990) y otra donde se produjo harina de pejibaye para consumo animal (Alfaro, 1988), los cuales generaron nuevas oportunidades de desarrollo para el sector agroindustrial.

Es por tal razón que se considera al fruto del pejibaye como una nueva alternativa en la alimentación humana.

Se ha investigado a fondo su composición química. Como se observa en el Cuadro 1.1, el pejibaye representa una gran fuente de vitamina A, gracias a su alto contenido de carotenoides, además contiene pequeñas cantidades de tiamina, niacina, riboflavina y vitamina C. Es un alimento de alta densidad energética; la proteína se halla en pequeñas cantidades y su valor biológico se ve limitado por los bajos niveles de aminoácidos azufrados, especialmente metionina (Gómez, 1997).

Cuadro 1.1. Composición química del fruto del pejibaye por 100g de porción comestible.

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

Fuente: Fernández. (1988). *Dato en base seca.

Respecto a su valor nutritivo, Blanco (1992) indica que el fruto del pejibaye es una fuente importante de vitamina A (carotenos), vitamina C, fibra dietética y calorías necesarias para una adecuada alimentación.

Los carbohidratos se encuentran principalmente en forma de almidones. En cuanto al contenido de ácidos grasos, se encuentran como componentes principales los ácidos grasos insaturados, donde el ácido oleico representa entre el 40 y 60%, también se encuentran el ácido palmítico y el oleico en la pulpa del fruto y el láurico en la semilla (Rojas, 1990).

En la composición del pejibaye, al igual que en muchas frutas y vegetales, se encuentran factores antinutricionales; en este fruto se encuentra un inhibidor de enzimas proteolíticas que puede generar una baja digestibilidad. Respecto a estos factores, los estudios reflejan que existe un inhibidor de tripsina como principal responsable de efectos adversos en la harina cruda (Gómez, 1997). Según Alfaro (1988), este inhibidor es inactivado cuando se realiza una cocción con vapor a 115°C por 5 minutos, cocción con agua a ebullición por 15 minutos o extrusión; pero no al utilizar calor seco.

Otra desventaja del cultivo del pejibaye es que la materia prima es muy perecedera. Según Zapata (1978), la facilidad con que los frutos de pejibaye maduros se cubren de hongos y el rápido deterioro a que se ven sometidos por esta causa, obliga a buscar alternativas para procesar los frutos rápidamente, bien sea por cocción en salmuera o secado de la masa molida para ser utilizada posteriormente.

En Costa Rica, la cocción en salmuera y la congelación del fruto son los métodos de conservación más utilizados. Además, se han realizado investigaciones que generan nuevas posibilidades para su uso industrial, debido al elevado valor nutricional que este producto presenta; tal es el caso del estudio realizado por el CIPRONA en el cual se determinó que la alternativa de industrialización a corto plazo identificada, es la elaboración de harinas destinadas a la alimentación animal y humana (Blanco, 1992).

Por razones socioculturales, durante cientos de años el costarricense se ha limitado a preparar el pejibaye en una sola forma, que consiste en bocadillos conocidos como "boquitas". Esto señala las limitadas posibilidades de su explotación y el desconocimiento de su potencial (Blanco, 1992). Por este motivo, se debe buscar un mayor aprovechamiento, promoviendo una mayor variabilidad del uso del pejibaye en la dieta, por ejemplo, como un sucedáneo del trigo en formulaciones de productos de panadería.

La harina de pejibaye puede llegar a formar parte importante de la dieta de los costarricenses, gracias a que es un producto estable, conserva gran parte del valor alimenticio del fruto fresco, se puede almacenar fácilmente y es muy versátil, ya que se puede emplear para elaborar productos tales como: galletas, queques, panecillos, budín, tamales, cremas y otros (Blanco, 1992). El proceso de elaboración de harina de pejibaye es simple y representa una buena alternativa, especialmente, para todas aquellas empresas que procesen frutas secas y harinas, debido a que el costo de inversión sería mínimo, al contar con todo o la mayor parte del equipo necesario para su producción.

Partiendo de estas consideraciones y de la ausencia de un estudio detallado sobre la deshidratación del pejibaye se propuso la realización de este proyecto con el fin de definir un proceso de secado con aire caliente. Como complemento a este estudio se planteó un proceso de elaboración de harina de pejibaye para el consumo humano como método alternativo de conservación, comercialización y diversificación de productos.

Para ello se debe definir la cinética de secado que combine las variables de temperatura, humedad y velocidad del aire que provea las mejores condiciones de secado de este fruto y que a su vez genere una harina con una textura adecuada y con pocas pérdidas de color, debido a que este parámetro está íntimamente ligado con las pérdidas de carotenoides, y por lo tanto, con una disminución del valor nutricional del producto final.

Por otra parte, se desea presentar en este proyecto una alternativa para utilizar la harina de pejibaye, por lo que se desarrolló una formulación para elaborar un preparado para queques, donde se combinen en proporciones adecuadas la harina de pejibaye y la harina de trigo, de tal forma que se obtenga un producto final con características de sabor, color, olor y textura aceptables. Con este preparado se pretende que el consumidor pueda aprovechar todas las ventajas nutricionales que presenta la harina de pejibaye junto con la de trigo, de una manera diferente, sencilla y rápida.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Definir las condiciones más adecuadas del proceso de secado con aire caliente del pejibaye para la elaboración de harina, así como su posible utilización en la formulación de un preparado para queques.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer la forma de corte que genere una deshidratación más homogénea y eficiente del pejibaye.

- Estudiar el efecto de los parámetros de secado con aire caliente (mediante el análisis de las condiciones de temperatura, humedad y velocidad del aire, expresados en las cinéticas de secado) sobre el pejibaye.

- Escoger las variables de temperatura, velocidad y humedad del aire caliente que describan el proceso de deshidratación para elaborar la harina de pejibaye, de acuerdo con el tiempo de proceso y las características sensoriales.

- Determinar la estabilidad, durante el almacenamiento acelerado, de la harina de pejibaye, elaborada bajo las condiciones seleccionadas de deshidratación.

- Estudiar el efecto de sustitución de harina de trigo con harina de pejibaye en una premezcla para queques y evaluar su aceptabilidad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES

Los países tropicales poseen una gran variedad de especies de palmeras, lo que representa un potencial muy importante para la producción de aceite, grasa, almidón y proteína suplementaria (CIPRONA, 1986).

La palma de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) es una planta nativa de los trópicos de América, ha sido cultivada desde hace varios siglos por tribus indígenas en Centro y Sur América. El nombre más corriente es pejibaye, con variantes en algunos países (Camacho, 1971). En Costa Rica este fruto es conocido ampliamente, pero no hay una explotación comercial real del pejibaye, debido posiblemente a la falta de conocimiento del potencial que este fruto ofrece (CIPRONA, 1986).

La potencialidad de este fruto se basa en que presenta las siguientes características: es una planta que crece muy bien en las zonas tropicales; teóricamente puede llegar a producir hasta 30 toneladas de fruta por hectárea con lo que supera casi a todas las otras plantas comerciales conocidas; la composición química de la fruta relativamente favorable ha hecho pensar en un gran potencial como fuente concentrada de nutrientes, y el alto contenido de grasa, tanto en la fruta como en la semilla, permite plantear posibles utilizaciones como fuente de aceite vegetal (CITA, 1987). La falta de aceptación hoy en día de este fruto como alimento humano puede deberse a la corta vida útil del fruto, puesto que una vez cosechado su período de conservación en buen estado se extiende únicamente de tres a cinco días (CIPRONA, 1986).

Otras razones importantes son el hecho de que la palma de pejibaye es quizás una de las plantas comestibles más difíciles de cultivar, ya que una vez sembrada requiere cerca de cuatro años para dar su primer cosecha. Además, la altura a la que se producen los frutos se incrementan año con año; adicionalmente, muchos de los cultivares o selecciones locales usados en Costa Rica para la obtención de frutos poseen espinas a lo largo del tronco, lo que dificultan aun más la cosecha y recolección del fruto (Sáenz, 1992).

Sin embargo, el potencial nutricional de esta fruta es extremadamente alto, 59.5% en base húmeda de almidón, en base seca, 6.9% de proteína, 23.0% de grasa y 55.7% de

humedad. El fruto de esta palma no puede ser consumido crudo debido a la presencia de un agente antinutricional el cual es un inhibidor de enzimas proteolíticas, que hasta el momento solo el calor intenso y prolongado lo destruye (Dibari, 1997).

2.1.1. Características botánicas

La clasificación más utilizada para el pejibaye es la propuesta por Humboldt, Bonphand y Kunth en 1801, quienes ubican esta palma como perteneciente al género y especie *Bactris gasipaes* H.B.K., luego se le colocó en el género *Guilielma*. En las últimas clasificaciones aparece bajo ambos nombres genéricos con diferentes denominaciones específicas; el nombre más empleado actualmente es *Bactris gasipaes* Kunth (CATIE, 1983).

Tal como lo indica Camacho (1971), el pejibaye consiste en una palma erecta la cual en estado adulto tiene un diámetro de 10 a 25 cm y una altura media aproximada de 12 a 15 m, ocasionalmente puede alcanzar hasta 20 m de alto.

El tallo de la palma presenta divisiones en forma de anillos o segmentos cubiertos densamente de espinas negras muy fuertes, las cuales pueden tener una longitud de hasta 8 cm. Frecuentemente crecen varios tallos juntos, por lo general hay tres tallos que producen frutos simultáneamente (Camacho, 1971). Las raíces del pejibaye pueden llegar a tener una longitud de 6 a 7 metros con un diámetro de unos 5 mm, un rizoma leñoso permite la supervivencia de la palma aún en condiciones difíciles (Gallardo *et al.*, 1980). En las plantas adultas las hojas tienen una longitud de 2 a 4 m y un ancho de aproximadamente 30 a 50 cm, son de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés (Camacho, 1971).

Las flores usualmente aparecen en los meses de abril, mayo y junio en las zonas bajas de Costa Rica, y un poco más tarde en las zonas más altas, las primeras frutas maduran en setiembre finalizando la cosecha en los meses de diciembre y enero (CIPRONA, 1986). Los racimos florales de esta planta aparecen en el tronco inmediatamente bajo las hojas. Los frutos crecen en racimos que pueden pesar 20 o más libras y tener hasta 300 frutos; la semilla del pejibaye puede estar presente en el fruto o no, tiene la apariencia de un coco en miniatura, dentro del cual se halla una almendra blanca rica en grasa (Camacho, 1971).

En lo concerniente al fruto, puede ser tan pequeño que apenas alcance un centímetro o llegar a medir diez centímetros o más, su forma varía desde casi esférica hasta cónica, los colores básicos son el rojo y el amarillo, pasando por distintas tonalidades. La cáscara puede

ser lisa, áspera o rayada, mientras que la pulpa varía de rojo a incoloro, puede ser fibrosa o con poca fibra, seca y harinosa, pastosa y suave o ser un sólido duro (CIPRONA, 1986).

Con base en la distribución geográfica de las diferentes clases de pejibaye existentes, se han clasificado en dos grandes grupos: el occidental y el oriental. En Costa Rica se encuentran cultivos pertenecientes a la raza occidental, la cual se caracteriza por tener un estípite fuerte y leñoso; espinas fuertes, abundantes y de diferentes tamaños; frondas de mayor longitud y foliolos de mayor anchura y con mayor número de hijos que los que presentan las razas orientales (CATIE, 1983).

2.1.2. Cultivo

Esta palma parece adaptarse a un número grande de condiciones ecológicas, en nuestro país se le encuentra prácticamente en todos los climas y todos los suelos, desde el nivel del mar hasta elevaciones de 1200 m en lugares con regímenes muy diferentes de precipitación pluvial (Camacho, 1971). Sin embargo, su crecimiento y producción son notablemente superiores en las formaciones de bosque húmedo premontano o tropical, donde el intervalo de temperaturas está entre 18 y 24° C, el promedio de precipitación es de 2000 a 4000mm por año y una elevación de 200 a 700 m sobre el nivel del mar (CIPRONA, 1986).

El área potencial en Costa Rica para este cultivo incluye lugares tales como: Upala, Los Chiles, San Carlos, Sarapiquí, Pococí, Turrialba, Siquirres, Bataán, Limón, Talamanca, Coto Brus, San Isidro del General y Parrita (CIPRONA, 1986).

2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA - NUTRICIONAL DEL PEJIBAYE

Algunas frutas y vegetales tropicales no son muy conocidas en los países templados, por lo que no reciben la atención merecida en sus países de origen. Entre ellos, y con un gran potencial nutricional, se encuentra el pejibaye; este fruto puede ser usado como un cereal de alto valor alimenticio para el consumo humano, gracias a la presencia de ciertos nutrientes importantes (Fernández *et al.*, 1992).

El pejibaye es considerado como uno de los alimentos tropicales de mayor valor nutritivo, constituyéndose en un importante aporte vegetal a la dieta humana (Gallardo *et al.*, 1980). Existe una gran variabilidad en la composición química de los frutos del pejibaye, por

ello se han realizado diversos trabajos y aunque difieren en algunos aspectos, especialmente por la gran cantidad de poblaciones de pejibaye y por la metodología utilizada, todos convergen en que los nutrientes más relevantes son las grasas, almidones, carotenoides, fibra y algunos minerales (Gómez, 1990).

2.2.1. La grasa del pejibaye

El fruto del pejibaye posee una cantidad de aceite que fácilmente se puede apreciar al hervirlo cuando queda flotando parte de éste sobre el agua, su punto de fusión es cercano a los 40°C, presenta un excelente sabor, olor y un color amarillo rojizo oscuro debido al alto contenido de carotenos (Zapata, 1978). La grasa tiene una consistencia semisólida a temperatura ambiente, cerca del 36% de los ácidos grasos son saturados y el 64% son insaturados, donde se encuentra un 49% de ácidos grasos monoinsaturados y 15% de polinsaturados (Fernández *et al.*, 1992).

El perfil de ácidos grasos en el fruto del pejibaye está determinado por el ácido palmítico (31-40%), el linoleico (11-21%), el palmitoleico (6-7%), el linolénico (1.5-3.2%) y el estéarico (1.5-2%) (Fernández, 1988).

El análisis de la fracción lipídica del pejibaye se presenta en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Contenido de ácidos grasos en harina de pejibaye, la pulpa y la semilla.

Ácido graso	Pulpa	Semilla	Harina de pejibaye integro
Caprílico	-	0.5	-
Caprico	-	0.6	-
Laurico	-	33.3	7.6
Mirístico	-	28.4	4.9
Palmítico	29.6	10.4	20.0
Esteárico	Trazas	3.1	1.4
Araquidónico	-	-	-
Total de ácidos grasos saturados	**29.6**	**76.3**	**33.9**
Palmitoleico	5.3	-	4.7
Oleico	50.3	18.2	44.0
Linoleico	12.5	5.1	14.3
Linolénico	1.8	-	2.7
Total de ácidos grasos insaturados	**69.9**	**23.3**	**65.7**

Fuente: Murillo (1987).

En el Cuadro 2.1. se puede observar que el contenido y composición de la grasa contenida en la semilla es diferente al de la pulpa, presentándose un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados en la semilla. Cabe mencionar, que la cromatografía de capa fina de la fracción lipídica del pejibaye muestra que el principal componente está representado por ácidos grasos libres con pequeñas cantidades de triglicéridos y fosfolípidos (Camacho, 1971).

Fernández (1988) comenta que la importancia nutricional de la composición de los ácidos grasos se fundamenta en el contenido de ácidos grasos monoinsaturados y a la relación Poliinsaturados/Saturados (P/S), ya que una relación P/S mayor de 1 conlleva a un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares. Blanco (1992) considera que un índice de polinsaturados entre 1.0 y 2.2 y un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados son factores importantes presentes en el pejibaye que reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, con la ventaja de que esta composición de ácidos grasos se conserva después de la cocción. Adicionalmente, por ser el pejibaye un alimento de origen vegetal, no contiene colesterol.

Con respecto a esta relación, en el Cuadro 1 se observa que las semillas de pejibaye presentan cantidades más elevadas de lípidos y de ácidos grasos saturados que la pulpa de la fruta, por lo que se encuentra en la semilla una relación de ácidos grasos insaturados versus saturados de 1:3, mientras que en la pulpa esta relación es de 2:1 (Camacho, 1971).

También la fruta entera del pejibaye evidencia un mayor contenido de ácidos grasos insaturados, valor que no se ve afectado por la cantidad de ácidos grasos saturados presentes en la semilla, por constituir ésta tan solo el 20% del peso total de la fruta (Camacho, 1971). Cabe mencionar que el contenido total de grasa de este fruto así como la composición del mismo parece ser sumamente variable, tanto en la pulpa como en la semilla según la variedad de la palma.

2.2.2. Carbohidratos y fibra dietética

Los hidratos de carbono representan la principal fuente de energía en la dieta del costarricense (Fernández et al., 1992). Estos son importantes como surtidores de calorías e indispensables para que el organismo pueda desarrollar sus actividades normales. En el pejibaye los carbohidratos constituyen el principal componente (Gallardo *et al.*, 1980), cuya

característica nutricional más importante es que se encuentra un alto porcentaje de fibra dietética y bajo contenido de azúcares simples (Blanco, 1992).

El contenido de carbohidratos totales del pejibaye se halla entre 29.3 y 34.4 g en 100 g de fruto fresco. Estas cantidades superan los presentes en otros frutos y vegetales, y se puede comparar con otras fuentes de energía como cereales, granos y tubérculos (Fernández, 1988). Así por ejemplo, la pulpa de un pejibaye de tamaño mediano contiene 66 kcal (34 g de porción comestible) valor mucho mayor al de una tortilla de maíz elaborada industrialmente 41 kcal (18 g) y menor al de un bollo de pan blanco 91 kcal (32g) (Blanco, 1992).

A pesar de que la composición correspondiente a los carbohidratos es variable, los contenidos de almidón y fibra dietética se encuentran entre 19.2-30.2% y 5.3-9.7% respectivamente (Fernández *et al.*, 1992).

2.2.3. Vitaminas y minerales

El pejibaye presenta un alto contenido de vitamina A, esto es muy importante porque las deficiencias de esta vitamina en países tropicales son muy comunes, produciendo muchos problemas en los dientes, ojos y piel (Dibari, 1997). Es por tal motivo que se propone complementar algunos cereales, como la harina de trigo y maíz, con pejibaye para beneficiar a la población disminuyendo este problema nutricional (Fernández *et al.*, 1992).

Los carotenos son los precursores de la vitamina A, la deficiencia de esta vitamina provoca retardo en el crecimiento infantil, desarrollo defectuoso en huesos, dientes, ceguera nocturna y xeroftalmia en casos más extremos. El color anaranjado de la pulpa del pejibaye se relaciona directamente con la cantidad de carotenos, es tan alto su contenido en este fruto que se ha recomendado como fuente industrial de esta sustancia, pues su contenido es mayor que el de la zanahoria, el achiote, el mango y el zapote (Zapata, 1978).

Otra vitamina que está presente en cantidades significativas es el ácido ascórbico ó vitamina C, necesaria en el aprovechamiento del hierro de los alimentos y en la síntesis de colágeno, material que une las células del cuerpo. El valor de este nutriente en el fruto crudo es de 35 mg en 100 g de muestra (Blanco, 1992).

De los valores expresados en los diversos análisis de que se informa y de su comparación con las recomendaciones nutricionales de la FAO, se desprende fácilmente que el pejibaye podría constituir un componente efectivo de la dieta por cuanto una cantidad

relativamente pequeña de fruta bastaría para satisfacer los requisitos de la vitamina A y el ácido ascórbico (Camacho, 1971). Otras vitaminas presentes en el pejibaye en cantidades razonables para la dieta del ser humano son la tiamina y riboflavina (Fernández *et al.*, 1992).

Por otra parte, con respecto al contenido de minerales se ha determinado que en el pejibaye se presenta como uno de sus principales componentes el potasio, el cual se encuentra en contenidos cercanos a los 229 ± 4 mg % (Fernández *et al.*, 1992). Otros minerales que se han detectado y tienen un importante valor nutritivo, son: calcio, magnesio y hierro, ios cuales tienen valores de 15.3 ± 3.9 mg %, 16.6 ± 4.1 mg %, y 0.8 ±0.0 mg % respectivamente en la fruta fresca, mientras que el contenido de sodio es muy bajo (3.7 ± 0.2 mg %) (Fernández *et al.*, 1992).

2.2.4. Proteína del pejibaye

Las proteínas se encuentran entre los nutrientes más importantes, junto con los lípidos y los carbohidratos, debido a su naturaleza nitrogenada, la cual es necesaria para la síntesis de compuestos propios del organismo. Las proteínas son compuestos altamente polimerizados, que están formados por α- aminoácidos de configuración L (Matissek, 1998).

La composición de aminoácidos del pejibaye se encuentra en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Contenido de aminoácidos esenciales del fruto entero de pejibaye.

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

Fuente: Murillo, 1987.

El valor nutritivo de las numerosas proteínas alimentarias existentes depende de su digestibilidad, que depende a su vez de la composición de aminoácidos. El contenido de aminoácidos esenciales determina el valor biológico, es decir, el mayor aprovechamiento fisiológico de una proteína por el organismo (Matissek, 1998).

Zapata (1978) encontró siete de los ocho aminoácidos esenciales: lisina, fenilalanina, treonina, valina, metionina, leucina e isoleucina, los contenidos de los mismos se presentan en el Cuadro 2.2.

Los valores para cistina y triptofano se omiten debido a su destrucción durante la hidrólisis ácida de las proteínas.

En el pejibaye, el contenido de proteínas ejerce una contribución altamente significativa gracias a la presencia de aminoácidos tan importantes como la lisina y metionina. El primero en proporción un poco mayor a la lisina presente en el maíz opaco, lo que hacen de la proteína del pejibaye un producto valioso desde el punto de vista nutricional para el ser humano (Zapata, 1978).

En el caso del fruto cocido la cantidad de proteína presente es de 1.7g/100g de base fresca (BF), aportando un 4% de las calorías totales del fruto, donde la calidad y composición de los aminoácidos son similares a las de otros vegetales (Gómez, 1990).

2.2.5. Factor antinutricional asociado al pejibaye

La degradación de las sustancias alimenticias en el intestino delgado se lleva a cabo por la acción conjunta de las enzimas procedentes del jugo pancreático, la secreción intestinal de las células epiteliales y también por medio de las bacterias intestinales. Por lo tanto, cualquier factor que intervenga en perjuicio de este proceso, traería como consecuencia una pobre degradación de los alimentos y consecuentemente una reducción de la nutrición del individuo (Hernández, 1987).

Entre la amplia gama de factores antinutricionales existentes, tal vez el inhibidor enzimático es el que se presenta con mayor regularidad en las materias primas de origen vegetal usadas en la elaboración de alimentos. Algunos de estos inhibidores, tienen la peculiar propiedad de formar complejos reversibles proteína-proteína, con varias enzimas proteolíticas, produciendo así una inhibición competitiva en la función catalítica de estas proteasas (Hernández, 1987).

El pejibaye es un cultivo, como ha sido mencionado anteriormente, que presenta un gran potencial, debido a su elevado valor nutritivo. Sin embargo, se ha descubierto un factor antinutricional de origen proteico, que inhibe las proteasas y por lo tanto evita que las proteínas se hidrolicen (Murillo *et al.*, 1987).

Gómez (1997) determinó una inhibición de la actividad de tripsina en la cáscara de pejibaye, y en la semilla, siendo el poder inhibitorio de la cáscara del pejibaye semejante al reportado para el inhibidor presente en el frijol de soya. Además, determinó la presencia de una lectina en la pulpa de pejibaye que aglutina eritrocitos de carnero, y una lectina en la semilla que aglutina débilmente eritrocitos humanos. La lectina de la pulpa tiene un peso molecular aproximado de 90 kDa y no presenta toxicidad al ser inyectado en ratones en dosis de 1 ml por 100 g de peso.

Dado la presencia de estos inhibidores es de vital importancia establecer un método que permita inactivar todo compuesto antinutricional presente en el fruto del pejibaye. Alfaro (1988) establece que el calor seco no inactiva el inhibidor de tripsina, por lo que se desecha cualquier posibilidad de utilizar esta operación con este propósito. Por lo contrario, la ebullición por 15 minutos, la cocción a 115° C por cinco minutos o la extrusión del pejibaye son operaciones que se pueden utilizar para eliminar este problema.

2.3. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

Estudios previos realizados demostraron que la deshidratación del fruto del pejibaye permite disminuir la actividad del agua a valores tales que previene y/o evita la degradación microbiana y enzimática. Según Gallardo (1980), el producto en forma de harina reduce considerablemente las pérdidas de este producto y probablemente se pueda abastecer a un mayor núcleo de población que se verá beneficiado con el valor nutricional del pejibaye.

2.3.1. El agua en el alimento

El agua juega un papel muy importante en la estabilidad de los alimentos frescos, congelados y desecados; actúa como un disolvente de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas. Para ser un sustrato adecuado para soportar el desarrollo de microorganismos, un alimento debe tener agua libre, conveniente para los mismos. Por lo

tanto, reduciendo el contenido de agua libre y aumentando con esto las presiones osmóticas, el crecimiento microbiano puede ser reducido (Desrosier, 1995).

La actividad del agua es una medida de la disposición del agua para participar en tales reacciones (Lewis, 1993).

Esta propiedad viene definida por la expresión:

$$a_w = \frac{P_v}{P_w}$$

Donde P_v es la presión de vapor de agua ejercida por la disolución, o el sólido húmedo, y P_w es la presión de vapor del agua pura, a la misma temperatura (Brennan *et al.*, 1998). Los valores para la actividad del agua varían entre casi cero, para alimentos secos, hasta 1,0 para alimentos en los que el agua está fácilmente disponible, tales como la mayoría de las frutas, vegetales, carne, hortalizas, pescado y leche (Lewis, 1993).

La representación gráfica del contenido de agua en función de la actividad del agua se conoce como isoterma de sorción (Brennan *et al.*, 1998). Cuando se sitúa un alimento en un ambiente a temperatura y humedad relativa constantes, eventualmente alcanzará un equilibrio con él. Si el alimento era originalmente fresco, probablemente perderá humedad hacia la atmósfera; si el alimento está deshidratado puede captar humedad, volviéndose blando empapado. Eventualmente el alimento alcanzará una masa estacionaria; el correspondiente contenido en humedad se expresa como el contenido de humedad en equilibrio en términos de peso seco o húmedo (Lewis, 1993).

2.3.2. El secado con aire caliente

Uno de los métodos de secado es el que se realiza poniendo en contacto el alimento con una corriente de aire caliente, en este caso el calor se aporta al producto principalmente por convección (Brennan *et al.*, 1998). El secado con aire caliente es la forma de deshidratación más difundida en el nivel mundial y la que posee mayores posibilidades de aplicación en diferentes escalas de producción (Bustamante, 1994).

Básicamente, el secado consiste en retirar por evaporación el agua de la superficie del producto y traspasarla al aire circundante. La rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con la que este circule alrededor del producto, su grado de sequedad, etcétera), y de las características del producto (su composición, su contenido de humedad, el tamaño de las partículas, etcétera) (ITDG, 1998).

El aire contiene y puede absorber vapor de agua. La cantidad de vapor de agua presente en el aire se llama humedad. Un aire absolutamente seco, sin vapor de agua en su interior, contiene una humedad relativa de 0%, mientras que uno saturado de agua tiene una humedad relativa de 100%. La cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende en gran medida de su temperatura. A medida que el aire se calienta, su humedad relativa decae, y por tanto, puede absorber más humedad, de manera que la materia prima se deshidrata más rápidamente (ITDG, 1998).

Las características del producto, su naturaleza y el tamaño de las partículas influyen en el nivel de secado. Muchos alimentos tienen una capa exterior de protección que impide que su interior se seque por completo. No hay mucho que se pueda hacer en el caso de los cereales y legumbres que normalmente se secan enteros, pero el nivel de secado de otros productos puede facilitarse si el alimento se pela o se corta (ITDG, 1998).

El aire tiene dos funciones en los procesos de secado: llevar al alimento el calor, que constituye la fuerza motriz que provoca la salida del agua, y transferir el agua que se separa del alimento. De manera que el aire entra seco y caliente a la cámara de secado y sale húmedo y menos caliente. Las condiciones del aire que deben ser controladas durante el proceso son su temperatura, velocidad y humedad (Bustamante, 1994).

En muchos de los procesos industriales, especialmente en el país, solo se tiene control de la temperatura, que es además la variable que en términos generales, ejerce mayor efecto sobre la velocidad de los procesos y la calidad de los productos (Bustamante, 1994).

Si se busca un producto de primera calidad debe prestarse especial atención a los niveles de secado. La temperatura moderada y un alto grado de humedad dentro de la secadora favorecen el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias. Si se toma en cuenta este aspecto, podría pensarse que cuanto más corto es el período de secado mejores son los resultados. Sin embargo, esto no se aplica para todos los alimentos: si se apresura el secado de productos ricos en almidones, ocurre el fenómeno de "encostramiento" (ITDG, 1998).

En algunos casos, aumentar la temperatura para intensificar el proceso de secado destruye las vitaminas, lo que origina la pérdida de color y sabor; la decoloración suele ocurrir tanto durante las fases preliminares como en las de secado (ITDG, 1998).

2.3.3. Curvas de secado

Al secar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de vaporización del agua y actúa también como gas portador, para eliminar el vapor de agua que se forma en la vecindad de la superficie de evaporación. Si se registra el cambio del contenido en agua del producto durante todo el proceso de desecación, los datos se pueden representar como en la Figura 2.1. El estudio de estas gráficas muestra que el ciclo de secado puede descomponerse en varias fases o etapas (Brennan *et al.*, 1998).

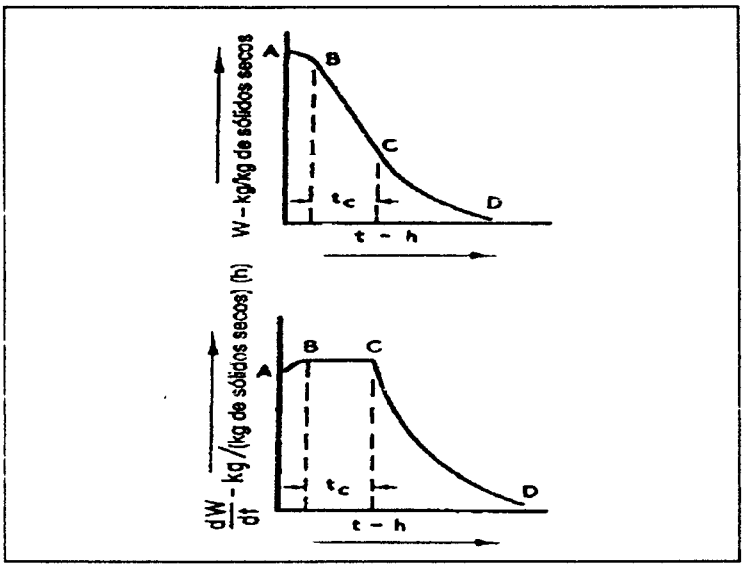


Figura 2.1. Curva de secado de un sólido húmedo en aire caliente, a temperatura y humedad constante.
(Fuente: Brennan *et al.*, 1998)

Etapa A-B: Se conoce como período de "estabilización", las condiciones reinantes en la superficie del sólido se equilibran con las del aire seco; y el alimento alcanza la temperatura de bulbo húmedo. Con frecuencia esta etapa constituye una porción despreciable del ciclo total del secado pero en algunos casos puede ser significativa (Brennan, 1998).

Etapa B-C: Esta etapa del secado se denomina "período de velocidad constante" y, durante el mismo, la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida, debido a que

el agua migra a la superficie del sólido a la misma velocidad que se produce la evaporación. Este período se mantiene hasta que se alcanza la "humedad crítica" (Brennan, 1998).

Etapa C-D: Al avanzar la desecación, se alcanza un punto en el que la velocidad de migración del agua, desde el interior del producto hasta la superficie, se reduce en un grado tal que la superficie comienza a secarse (Brennan *et al.*, 1998).

Luego que la humedad de la superficie de un alimento se ha retirado por evaporación, el nivel de secado depende de la velocidad con la que su humedad interna se dirige a la superficie, lo que varía de un producto a otro. El tamaño también es un factor a tomar en cuenta: mientras más pequeña sea la pieza de alimento que se va a deshidratar, menor será la distancia que debe recorrer la humedad interna para llegar a la superficie (ITDG, 1998).

En el punto C, la velocidad de secado comienza a descender, iniciándose el período de velocidad decreciente. El contenido de agua en el producto en este punto se le conoce como humedad crítica (W_c). Frecuentemente, el período de velocidad decreciente cuenta con dos partes, conocidas como primer y segundo período de velocidad decreciente, C-E y E-D, respectivamente. En el primer período se está secando la superficie y la velocidad de secado disminuye. Al alcanzar el punto E, el plano de evaporación se desplaza hacia el interior del sólido y la velocidad de secado decae aun más (Brennan *et al.*, 1998).

El enfriamiento producido por la evaporación del agua en la superficie del alimento al final del proceso de velocidad constante, hace que la temperatura de la misma sea próxima a la del bulbo húmedo. Durante el período de velocidad decreciente como la cantidad de agua evaporada de la superficie va siendo paulatinamente menor pero el aporte calórico del aire es constante, la temperatura aumenta hasta alcanzar la correspondiente a la del bulbo seco del aire en el secador. Esta es la razón de por qué la mayor parte del deterioro ocasionado a los alimentos durante la deshidratación se produce en el período de velocidad decreciente (Fellows, 1994).

2.3.3.1. Análisis de las curvas de secado

Para la construcción de las cinéticas de secado se mide el peso del producto al inicio y en periodos regulares. Con estos datos y conociendo la humedad inicial del producto, se pueden graficar las curvas de humedad en función del tiempo, conocidas como cinéticas de secado, calculando la humedad en cada tiempo (x), con la siguiente relación:

$$P_i\,(1\text{-}H) = P_x\,(1\text{-}H_x)$$

entonces,

$$H_x = 1 - \{P_i\,(1\text{-}H_i)/P_x\}$$

Donde H_i y H_x son las fracciones de humedad (%H/100) del producto al inicio y en el tiempo x respectivamente, y P_i y P_x el peso inicial y el peso en el tiempo x (Bustamante, 1994)

Si en un solo gráfico se trazan las curvas o cinéticas de secado del mismo producto secado a diferentes temperaturas, es posible evaluar el efecto de esta variable sobre el proceso. Lo mismo se puede hacer para la velocidad y humedad del aire (Bustamante, 1994).

La variación en el contenido de humedad inicial de un producto provoca el desplazamiento de las curvas, de manera que para el análisis real del efecto de cada variable sobre el proceso de secado, puede hacerse necesaria la graficación de la razón de la humedad en el tiempo x entre la humedad inicial (H_x / H_i). De esta manera todas las curvas se inician en el valor 1 (Bustamante, 1994).

2.3.4. Ventajas de los productos deshidratados

La principal característica de los alimentos secos o deshidratados es que son más concentrados que cualquier otra forma de productos alimenticios preservados. Ellos son menos costosos de producir, el trabajo requerido es mínimo, los requerimientos de almacenamiento del alimento seco son mínimos y los costos de distribución son reducidos debido a la disminución de su volumen y peso (Desrosier, 1995).

La deshidratación permite prolongar la vida útil de los alimentos principalmente al reducir la actividad del agua, ya que el tratamiento térmico que reciben es insuficiente para inhibir el crecimiento microbiano y la actividad enzimática causantes del deterioro de los productos frescos. En algunos casos sirve también para poner al alcance del consumidor una mayor variedad de alimentos de más cómoda utilización (Fellows, 1994).

La deshidratación altera en cierto grado tanto las características organolépticas como el valor nutritivo de los alimentos. Uno de los objetivos en el diseño y manejo de las instalaciones de deshidratación consiste en conseguir reducir al mínimo las modificaciones que los alimentos experimentan durante el proceso, utilizando en el mismo los parámetros adecuados para cada alimento en particular (Fellows, 1994).

En general, para obtener un producto seco de mejor calidad se debe alcanzar el equilibrio entre un nivel máximo de secado que permita obtener eficiencia económica, calidad microbiana y un mínimo de pérdida de componentes esenciales en el alimento. Además, se debe tener en cuenta la forma como el alimento reabsorbcrá la humedad cuando se utilice por el consumidor (ITDG, 1998).

La deshidratación o secado es uno de los procesos más utilizados en Costa Rica y en el mundo para conservar los alimentos. Son sometidos a una operación de secado productos como: el azúcar, el café, los granos básicos (arroz, frijoles, etc.), la leche, la harina (y mezclas de harinas), hortalizas como la papa y la zanahoria, las frutas tropicales, las frutas secas, las legumbres, los cereales para el desayuno, el té, las especias (pimienta, cúrcuma, cebolla, etc) y muchos productos más (Bustamante, 1994).

2.4. APLICACIONES DE LA HARINA DE PEJIBAYE

El consumo de los productos de panificación ha aumentado en forma constante en los países subdesarrollados de África, Asia y América Latina, quienes en su mayoría no poseen las condiciones climáticas y de suelos idóneos para la producción de las variedades de trigo utilizadas para la panificación. Como consecuencia, dichos países gastan gran cantidad de divisas en la importación del trigo y/o la harina necesaria para suplir su demanda interna, con la consiguiente desventaja en sus balanzas de pago (CITA, 1984).

En su mayoría, los países importadores de trigo gozan de buenas condiciones para el cultivo de cereales, como arroz, maíz y sorgo; raíces y tubérculos como yuca, ñame y papa y de muchos otros productos más. Por esta razón se ha mostra
do un creciente interés en la utilización de estas materias primas como posibles sustitutos parciales de la harina de trigo y en métodos de panificación que posibiliten dicha sustitución (Arias, 1976).

Aparte se encuentran los posibles beneficios económicos y sociales que la dilución de la harina de trigo podría reportar, como son: ahorro de divisas, menor dependencia del trigo, generación de empleos y utilización de materias primas locales, podrían también derivarse beneficios de índole nutricional (CITA,1984). Estos beneficios nutricionales se pueden obtener al utilizar la harina de pejibaye como sucedáneo del trigo en panificación. Puesto que,

como se define en el Cuadro 2.3, la harina de pejibaye presenta un alto contenido nutricional, ya que tiene una gran variedad de vitaminas y minerales esenciales, así como por ser un producto que aporta un alto valor energético.

Cuadro 2.3. Composición química de la harina de pejibaye en 100g de muestra*.

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

* Valores calculados en base húmeda **Carbohidratos por diferencia.
Fuente: Fernández, 1992.

La idea de utilizar harinas indígenas como sustituyentes parciales de la harina de trigo en la panificación requiere, sin embargo, un conocimiento detallado sobre los aspectos y repercusiones tecnológicas, económicas y sociales que dicha sustitución tendría (CITA, 1984).

Blanco (1992) definió varios usos optativos para la fruta de pejibaye tales como: la incorporación al pan y la tortilla, elaboración de alimentos infantiles, sopa deshidratada, snacks y postres dulces (cajetas, queques, panecillos, galletas, confites, etc). Es posible incluso oír versiones más novedosas como licores, mermeladas, margarina, crema para untar, base para bebidas y mayonesa (CITA, 1987). Tal y como se observa se puede elaborar una alta variedad de preparaciones a partir de pejibaye, demostrando así la potencialidad que este fruto puede llegar a tener en la alimentación humana (Blanco, 1992).

2.4.1. Elaboración de mezclas preparadas para queques

La gran mayoría de panaderos y cocineros están usando mezclas preparadas para queques de varios tipos para diferentes propósitos. Estas mezclas les ofrecen variedad de productos, un mayor control de calidad, más eficiencia en la operación, consistencia en la producción del producto y, muy importante, ellos ayudan a evitarle problemas a los inexpertos panaderos (Sultan, 1983).

La mayoría de las mezclas preparadas para queques utilizadas por panaderos o consumidores en el hogar son mezclas completas, lo único que requieren para su elaboración es adicionar el agua o la leche. El método de elaboración es muy simple, solamente requiere una etapa de incorporación de los ingredientes en la cual el líquido es agregado todo o por partes a la batidora, mezclándose con una velocidad baja o media (Sultan 1983).

Los ingredientes que forman la base de la mezcla son: harinas, azúcar, leche descremada deshidratada y agentes leudantes, para la preparación de los queques el consumidor solamente debe añadir la grasa y los huevos junto con el agua (Sultan, 1983).

2.4.2. Componentes de la premezcla

Las harinas.

La harina de trigo es el elemento básico en la elaboración del pan. La harina blanca es el producto de la molienda del trigo después de separarle la cáscara, el afrecho y el germen. La harina utilizada en la elaboración de queques es la harina suave, la cual contiene de 7.5% a 9% de proteína (Calderón, 1988).

La harina suave proviene de trigos suaves, que tienen como características un menor grado de proteínas y un menor peso específico, provienen generalmente de climas menos fríos o templados. La proteína presente en la harina es la fuente del gluten que permite producir pan con mayor volumen y mejor textura (Calderón, 1988).

En lo que respecta a la utilización de harina de pejibaye en la elaboración de formulaciones para productos de repostería es preferible usar pejibayes harinosos (secos) y de poca grasa pero, si el fruto disponible es muy grasoso, se debe disminuir la cantidad de grasa (margarina, natilla, mantequilla y otros) de la lista de ingredientes de la formulación. No se debe usar pejibaye con pulpa pegajosa en repostería (Blanco, 1992).

Aquellos pejibayes que son muy húmedos (acuosos y suaves), pueden afectar la preparación. Para ello se deben disminuir, según el criterio, la cantidad de líquidos (agua, leche, jugo y otros) de la receta y aumentar la cantidad de pejibaye por utilizar en el caso que el producto se utilice en forma fresca (Blanco, 1992).

- El azúcar.

Para la producción de diferentes premezclas, se utilizan diversos tipos de granulometría, la más usada es la que va de mediana a fina. Otras presentaciones son granulado fino, grano grueso y glacial que es un azúcar con tamaño de partícula muy fino (Sultan, 1983).

Entre los diversos tipos de azúcares, es la sacarosa la que generalmente se adiciona con más frecuencia a las mezclas preparadas; en los países tropicales se extrae esta principalmente de la caña de azúcar (Quaglia, 1991).

El azúcar es usado en la elaboración de queques por diversas razones técnicas, pero las principales son: confiere un sabor dulce, mejora el aroma, la textura y el color de la miga, ayuda a retener la humedad y frescura gracias a su poder higroscópico y aumenta el valor energético, mejorando así su valor nutritivo (Calderón, 1988). El color de la superficie de los queques se debe a la reacción entre los azúcares y los aminoácidos (reacción de Maillard) y a la caramelización de los azúcares por el calor: según el tipo y la cantidad de los azúcares utilizados se obtiene un color moreno más o menos intenso (Quaglia, 1991).

Para incorporar este producto a las mezclas preparadas para queques, el azúcar es cernido y posteriormente se mezcla con la harina y los demás ingredientes (Sultan, 1983)

- Los agentes leudantes.

Se denominan agentes leudantes a aquellas sustancias que directa o indirectamente tienen un efecto de dilatación y elevación o aumento de volumen en las masas destinadas para producir productos horneados. Este leudamiento puede producirse por varios medios, ya sea biológicos o químicos. El principal agente leudante químico es el anhídrido carbónico, pero también es importante la acción del vapor de agua del aire que se incorpora durante la preparación de la masa, que después se dilata durante la cocción en el horno (Quaglia, 1991).

Los agentes leudantes químicos se obtienen de la mezcla de una sustancia de reacción ácida y bicarbonato sódico con o sin almidón o harina (Quaglia, 1991).

- La leche descremada deshidratada.

Existe una gran variedad de tipos de leche, pero la más utilizada en panadería es la leche deshidratada, porque es fácil de manejar, se conserva más tiempo y por lo general es más

económica. La leche mejora el color de la corteza, mejora las condiciones de conservación y aumenta el valor nutritivo (Calderón, 1988), generando un producto enriquecido y, muy importante, incrementa la absorción (Sultan, 1983).

Entre las variedades de leche más utilizadas se encuentran la leche en polvo deshidratada entera y leche en polvo descremada, en presentaciones de hojuelas y polvos finos. El uso de leche en polvo se justifica porque el tratamiento térmico usado en su elaboración es suficiente para reducir la actividad química de las proteínas del suero al producirse una desnaturalización de las mismas (Sultan, 1983).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

Esta investigación se realizó en la planta piloto, el laboratorio de secado y el laboratorio de análisis sensorial del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (C.I.T.A), situado en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

3.2. MATERIA PRIMA

Para realizar el estudio de almacenamiento de la materia prima y del análisis de deshidratación del pejibaye se utilizaron pejibayes (*Bactris gasipaes*) de las variedades Dorian, Diamante 10 y Guatuso, provenientes del Banco de Germoplasma de la Universidad de Costa Rica ASBANA-CONICIT ubicado en la Rita de Guápiles.

Debido a que la cosecha de pejibayes es estacionaria y no se pudo contar con más cantidad de materia prima de esta zona, se utilizaron pejibayes de la zona Sur del país, para elaborar la harina utilizada en las formulaciones de los queques y el estudio de almacenamiento acelerado. En todo el estudio se utilizó materia prima con un día de ser cosechado el racimo.

3.3. EQUIPO UTILIZADO EN LOS LABORATORIOS Y EN LA PLANTA PILOTO

En el Cuadro 3.1 se describen los equipos utilizados en la investigación.

Cuadro 3.1. Equipo utilizado en el laboratorio de secado, química y análisis sensorial.

Equipo	Fabricante	Capacidad	Modelo
Medidor de textura	Instrom	Capacidad 5 - 50 kg de Fuerza	1000
Colorímetro	Hunter Lab	Lámpara de halógeno de 8 a 10 Voltios	DP 9000 Sensor óptico D 25 M
Balanza analítica	Mettler	0.0000 - 160.0000 g	HR 160
Estufa de vacío	National Appliance Company	0 - 30 psi 0 - 260° C	VWR 1410
Balanza de humedad	Denver Instruments	0.5 - 10 g	IR 200

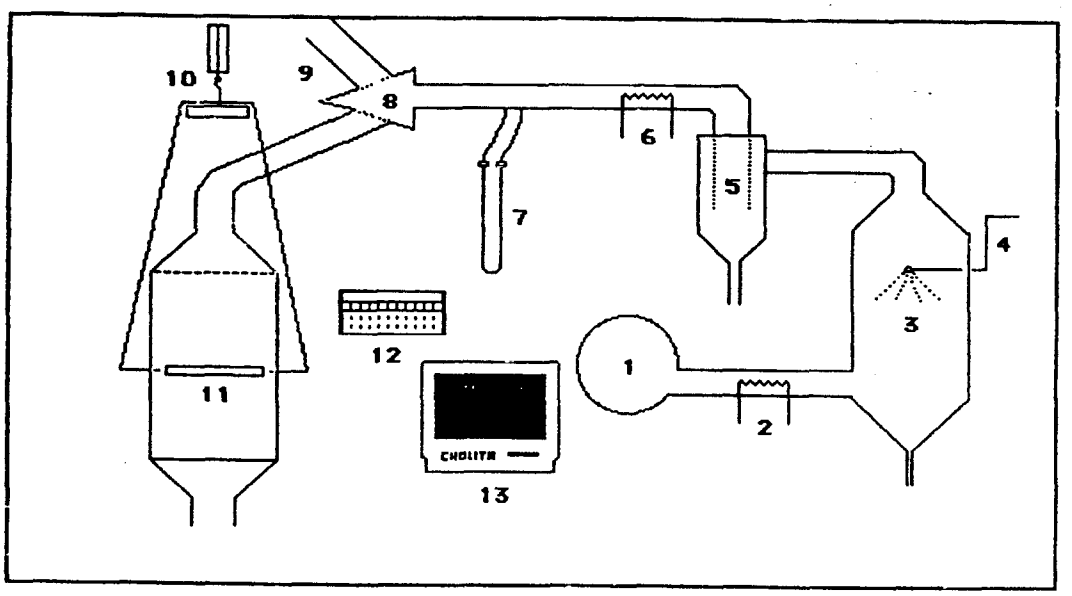
3.3.1. Descripción del secador piloto

Las curvas de secado se realizaron en el secador piloto, el cual posee una sección que permite acondicionar y controlar la velocidad, temperatura y humedad del aire utilizado en el secado. Las variaciones que permite efectuar el equipo en el aire se encuentran entre los rangos especificados en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Rangos de trabajo del secador piloto con aire caliente.

Variable	Rango
Temperatura	Desde temperatura ambiente más 5° C hasta 160° C.
Velocidad	Desde 1.0 m/s hasta 2.5 m/s.
Humedad	Desde humedad ambiente hasta 150 g agua/Kg aire seco

La muestra se colocó en una cámara de secado conectada a un sistema neumático que permite conocer la masa del producto a través del tiempo, registrando los datos en una computadora conectada al equipo. Con este sistema se construyeron las cinéticas de secado a partir de las perdidas de peso a través del tiempo. En la figura 3.1 se presenta un diagrama del equipo utilizado.



1.ventilador centrífugo, 2. resistencia para precalentamiento del aire, 3. humidificador del aire, 4. vapor, 5. "ciclón", 6. resistencia de calentamiento del aire, 7. manómetro, 8. bifurcador, 9. desvío del aire, 10. sistema de determinación de masa, 11. celda de secado, 12. medidor de temperaturas, 13. almacenamiento de datos por computadora.

Figura 3.1. Diagrama del secador piloto.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Almacenamiento de la materia prima

Para establecer el comportamiento del pejibaye después de ser cosechado se realizó un estudio de almacenamiento con dos lotes, cada uno conformado por un racimo de la materia prima, almacenados durante un período de seis días consecutivos.

Uno de los lotes se almacenó a una temperatura de refrigeración de 5° C, el otro lote se mantuvo almacenado a una temperatura ambiente promedio de 23° C. En cada condición se colocaron los racimos en canastas plásticas, según recomienda Mora-Urpí (1992), debido a que las cajas de plástico bajas (no más de 20 cm) con buena ventilación, son las ideales para evitar la compresión de la fruta. Además, durante este estudio las cajas se cubrieron con una bolsa plástica de polietileno para evitar que la materia prima sufriera un mayor daño en la textura causado por las condiciones de almacenamiento.

Las determinaciones se realizaron diariamente durante seis días, cada día se midió la fuerza de corte (kg/cm^2) y la fuerza de penetración (kg/cm^2) de los pejibayes almacenados bajo las dos temperaturas, utilizando el texturómetro INSTROON para obtener los datos. Las muestras de cada lote se eligieron al azar, el primer día se realizaron 40 mediciones de la fuerza de corte y 20 de la fuerza de penetración. Los días siguientes se realizaron 20 mediciones para cada fuerza y condición de almacenamiento estudiada (Ver Apéndice A).

Para determinar si existen variaciones entre ambos métodos de almacenamiento se efectuó un análisis de varianza para cada variable estudiada, tomando el tiempo como una variable discreta; seguidamente se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey, para poder determinar las diferencias entre los grupos de muestras estudiados según el día y la temperatura. Con estas pruebas se definió si existen o no diferencias significativas entre ambos métodos de conservación con respecto a las variaciones en la textura.

3.4.2. Determinación del tipo de corte del pejibaye

Las muestras cocinadas de pejibaye se procesaron en la rebanadora Hobart, con el mismo tipo de implemento pero variando la apertura de la cuchilla, realizando cortes con aproximadamente 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0 cm de apertura entre la cuchilla y el plato. Luego se

procedió a la deshidratación, para la cual se colocaron masas iguales de cada una de las *muestras* en áreas iguales, la carga en bandeja utilizada fue de 5.41 kg/m². Cada prueba se realizó en el secador Piloto a una temperatura de secado de 70° C, velocidad del aire de 2.5 m/s y humedad de 12 g agua/Kg de aire seco.

Seguidamente, se secaron muestras rebanadas utilizando la apertura en la cuchilla más pequeña, en este caso de 0.25 cm, con cargas en bandeja de 3.03, 5.41, 6.14 y 9.22 kg/m², donde se definió cual fue la carga máxima que permitió generar cinéticas de secado correspondientes a la cinética típica del pejibaye.

Todas las muestras se deshidrataron hasta alcanzar un 10% de humedad final. Según el tiempo de deshidratación se escogió el corte más apropiado, para finalmente determinar la carga en bandeja máxima a emplear con el tipo de corte definido.

3.4.3. Definición del número de repeticiones para realizar el estudio de deshidratación

Lo primero que se requirió fue definir la diferencia mínima de color a detectar por un grupo de personas. Por lo cual, se procedió a tomar 10 muestras iguales de harina y se colocaron en una estufa convencional a 110° C, cada media hora se sacó una muestra de la estufa generando una degradación gradual del color; seguidamente a cada muestra se le midió el color en el colorímetro Hunter (Apéndice B).

A un grupo de diez personas se le mostró las muestras colocadas al azar y se les solicitó agruparlas en conjuntos de muestras de color similar, ordenando los grupos formados de izquierda a derecha según el incremento en la intensidad del color anaranjado presente en la harina de pejibaye. Se anotaron los grupos formados por cada juez y luego se contó cuantas veces quedó cada par de muestras en un mismo grupo. Posteriormente, los datos se introdujeron en un programa estadístico y se sometieron a un Análisis Multidimensional (MDS: Multidimensional Analisys), el cual permitió separar las muestras en dos clases y por deducción se determinó la diferencia mínima de color a detectar según el parámetro **b** obtenido con el colorímetro.

Consecutivamente, se tomaron veinte pejibayes de un mismo racimo o lote, escogidos al azar, cada uno de ellos se sometió a un proceso de deshidratación, utilizando una temperatura de 70° C, con humedad del aire de 12 g de agua/ kg de aire seco y velocidad del

aire de 2.5 m/s. A cada pejibaye seco se le determinó el color según el valor **b** (Apéndice B) de la escala generada por el colorímetro Hunter, y se determinó la desviación estándar de las mediciones realizadas.

Para calcular el número de repeticiones se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\varphi = \sqrt{(N * d^2/2 * k * s^2)}$$

Donde:

N : número de repeticiones

D: diferencia mínima detectable por los panelistas

k: número de tratamientos

s : desviación estándar

De igual forma, para encontrar el valor de V_2 se empleó la ecuación:

$$V_2 = K*(n-1)$$

Una vez determinados los valores de V_2, φ, utilizando un α de 0.05, se buscó de forma gráfica la potencia de la prueba, definida como: $(1-\beta)$, hasta obtenerse una estimación mayor o igual a 0.90, lo que representó un número de repeticiones estadísticamente satisfactorias (Jerrot, 1996).

3.4.4. Efecto de las condiciones del aire de secado sobre las cinéticas de deshidratación del pejibaye

Los pejibayes previamente lavados y seleccionados, de tal forma que se emplearon únicamente frutos en buen estado, se cocinaron en una marmita abierta por un periodo de 30 minutos iniciada la ebullición del agua. Seguidamente, a las muestras se les eliminó la semilla y su corola; cada muestra se troceó por medio de cuchillas con una apertura de 0.25 cm y se colocaron cargas en bandeja de 6.14 kg/m^2 en el secador piloto, equipo que, debido a su diseño, permite el paso de una corriente de aire con los parámetros regulados de temperatura, velocidad y humedad del aire requerida en cada condición. En cada repetición el producto alcanzó una humedad final del 10%.

Se utilizó un diseño factorial de tres factores: temperatura, velocidad y humedad del aire. Se evaluaron tres niveles de temperatura del aire (60, 70 y 80° C), dos niveles de velocidad (1 y 2,5 m/s) y dos humedades (12 y 55 g de agua/kg de aire seco).

A partir de estas variables se obtuvieron 12 condiciones de deshidratación del pejibaye, las cuales se repitieron cinco veces para poder obtener datos estadísticamente significativos. Cada una de las repeticiones se desarrolló con un solo racimo, constituyendo de esta manera un diseño experimental de cinco lotes.

A partir de estos datos y conociendo de antemano la humedad inicial del producto se puede calcular la humedad en cada tiempo (x) con la siguiente ecuación:

$$Hx = 1 - (Pi\ (1\text{-}Hi)/Px)$$

donde:

Hi: Fracción de humedad del producto inicial (%H/100)

Hi: Fracción de humedad del producto en el tiempo (%H/100)

Pi: Peso inicial del pejibaye (g)

Px: Peso del pejibaye a través del tiempo (g)

Para estudiar el análisis real del efecto de cada combinación de condiciones, se graficó la razón de la humedad en el tiempo (Hx/Hi) con respecto al tiempo en minutos, de tal forma que se pudieron graficar las cinco repeticiones de las cinéticas de secado, iniciando en el valor 1 para poder compararlas.

Adicionalmente, para definir los cambios de color en el pejibaye durante el tratamiento de secado, se midió por triplicado el color utilizando el colorímetro Hunter a cada muestra deshidratada y se tomó un promedio de las mismas. A partir de estos resultados se llevó a cabo el análisis estadístico que a continuación se explica.

A las cinéticas de secado obtenidas (Hx/Ho vs t), se les aplicó un análisis de regresión semi-logarítmico, donde se obtiene la relación determinada por log (Hx/Ho) vs t, obteniendo por interpolación en esta curva el tiempo calculado para obtener una humedad del 10% en el producto final.

Seguidamente se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) a los tiempos calculados para cada proceso, este análisis permitió determinar si hay diferencias significativas entre las diferentes condiciones y determinar cuál de ellas fue la más eficiente para deshidratar el pejibaye. Posteriormente, se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey a un nivel de significancia de 0.05.

Para analizar la variación del color del pejibaye al someterlo a diferentes condiciones de deshidratación, se realizó un análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0,05 a los valores L, a y b obtenidos para cada muestra con el colorímetro.

3.4.5. Molienda

Se evaluó la molienda de pejibaye obtenido con las mejores condiciones de secado, para la cual se utilizó el molino de martillos, probando dos tamaños de malla diferentes. Una malla era de un tamaño de apertura de 0.084 cm (0.033 plg) y la otra de un tamaño de 0.025 cm (0.010 plg).

Con la malla seleccionada se realizó un estudio granulométrico de la harina obtenida, donde se trabajó con muestras de 250 g de harina molida en el molino de martillos utilizando la malla con apertura de 0.084 cm (0.033 pulg.). La prueba se realizó por triplicado y se utilizaron los tamices 14, 18, 30, 50, 60, 80, 100 de la serie de U.S Standard testing, cada muestra se tamizó por aproximadamente 4 horas hasta que se alcanzó un peso constante de harina retenida en cada tamiz.

Se realizó una curva de distribución del tamaño de partículas en la harina de pejibaye, la curva se elaboró graficando el porcentaje acumulado al tamiz inferior en función del tamaño de las partículas.

3.4.6. Elaboración de la harina de pejibaye

La harina de pejibaye que se utilizó para realizar el estudio de almacenamiento de la harina y para formular las premezclas para queques se elaboró siguiendo el procedimiento descrito en la Figura 3.2. y descrito a continuación:

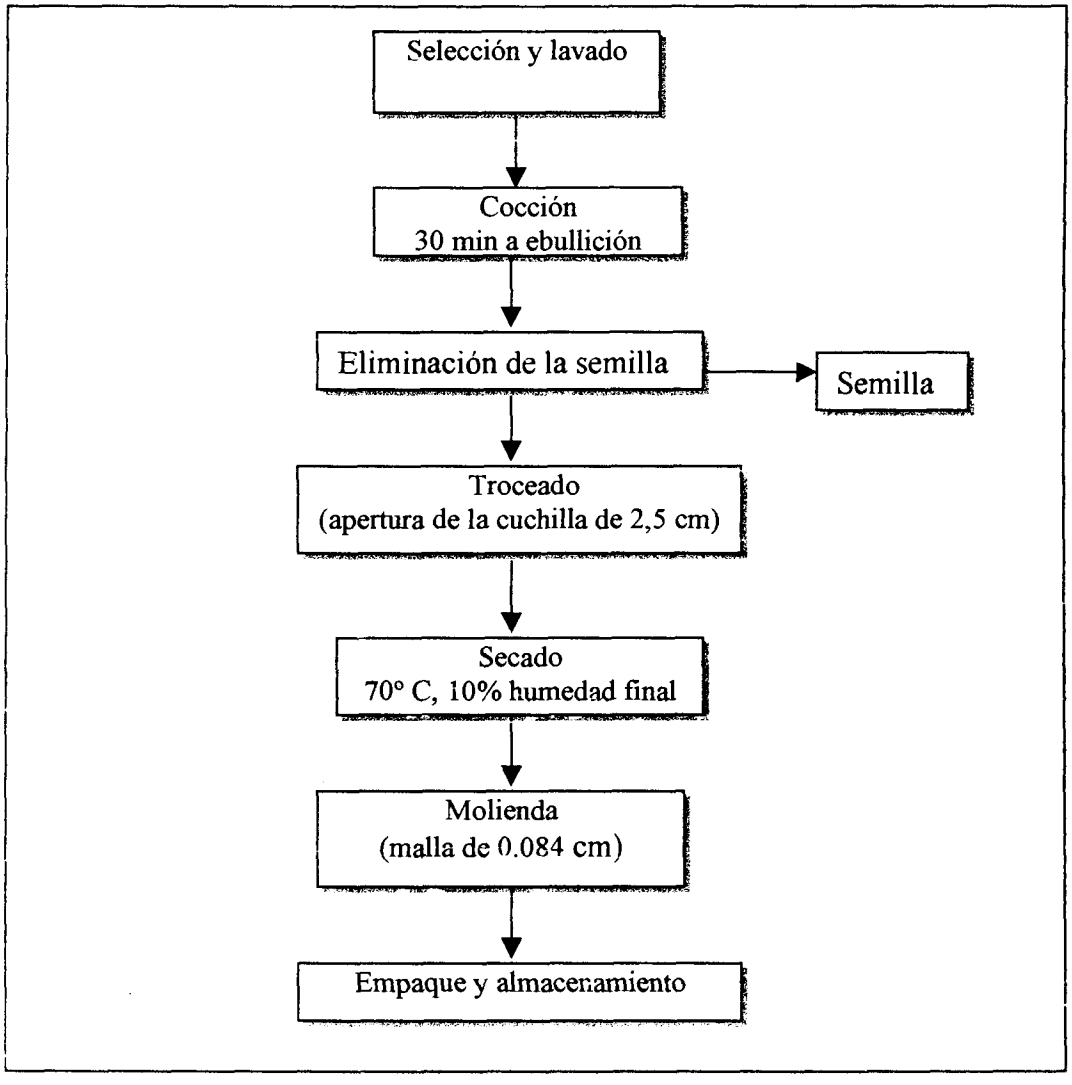


Figura 3.2. Diagrama de flujo para la fabricación de harina de pejibaye.

a) Lavado y cocción

Los pejibayes se seleccionaron sensorialmente (por el tacto y visualmente), eliminando todos aquellos frutos que presentaban rajaduras, golpes o algún otro defecto en su superficie; así como los que tenían mal olor.

Posteriormente se aplicó un método de lavado por arrastre por corrientes de agua, para eliminar los contaminantes, disminuir la carga microbiana y las reacciones químicas y bioquímicas que perjudican la eficiencia del proceso y la calidad del producto final. La cocción de los frutos se llevó a cabo en marmitas abiertas, por un periodo de 40 minutos, 30

minutos de este período transcurrieron una vez alcanzada la temperatura de ebullición del agua.

b) Troceado

Los frutos se trocearon después de la cocción, debido a que el corte de los frutos se ve favorecido por el tratamiento térmico. A cada pejibaye se le eliminó la semilla y la corola de forma manual, seguidamente las partes del fruto se cortaron en una rebanadora con apertura de cuchilla de 0.25 cm.

c) Secado con aire caliente

Se colocaron muestras con carga en bandeja de 6,14 kg/m^2 en el secador de cabina National. Las condiciones de secado fueron una temperatura de 70° C, velocidad del aire de 3,5 m/s y humedad de 12 g de agua / kilogramo de aire seco; en este caso el tiempo para alcanzar la humedad final del 10%, fue de 2 horas y 20 minutos.

d) Molienda

La molienda se realizó en un molino de martillos empleando la malla con apertura de 0.084 cm (0.033 pulg.), la harina obtenida tenía la apariencia presentada en la figura 3.3.

Figura 3.3. Harina de pejibaye.

e) Empaque y almacenamiento

La harina se empacó en bolsas metalizadas que la mantuvieron protegida de la luz y de la humedad, de tal forma que se evitara la oxidación de las grasas presentes. El producto final, debido a su baja estabilidad por efecto de la oxidación de las grasas una vez empacada, se mantuvo en refrigeración a una temperatura aproximada de 5° C, de tal forma que se disminuyó la velocidad de las reacciones físico químicas como posible fuente de deterioro de la harina.

3.4.7. Estudio del almacenamiento acelerado de la harina de pejibaye

Con el fin de establecer el momento en que la harina sufre un cambio respecto a sus características organolépticas se realizó un estudio de almacenamiento bajo condiciones aceleradas, utilizando dos lotes de harina de pejibaye. Para cada lote, se empacaron muestras de 100 gramos en bolsas de polipropileno, las muestras se colocaron en cámaras con temperatura controlada de 45° C y 37° C, conjuntamente se guardaron muestras control a 5° C cubiertas con una bolsa negra para evitar algún tipo de deterioro por oxidación. El estudio se realizó por un periodo de 86 días y las muestras se analizaron cada quince días.

Para definir el tiempo máximo de almacenamiento bajo cada condición se le solicitó a un panel de cinco jueces semi-entrenados que determinaran las variaciones en el color y el olor de las harinas almacenadas a 45 y 37° C respecto a la muestra control almacenada a 5° C (Ver el apéndice D). Complementariamente, se midió el color con el colorímetro Hunter (Apéndice D) para correlacionar las variaciones del color detectadas por el equipo con las observadas por los panelistas.

3.4.8. Elaboración de la premezcla para queques con harina de pejibaye

Se estudió la utilización de harina de pejibaye como sucedáneo de la harina de trigo. Para el análisis se elaboraron cuatro formulaciones de premezclas para queques, donde la formulación base fue la de un queque seco, donde el único factor que se modificó fue el porcentaje de harina de pejibaye.

Los niveles de sustitución de harina de trigo con harina de pejibaye fueron de 10, 15, 20 y 25%. En el Cuadro 3.3 se especifica cada una de las formulaciones probadas.

Cuadro 3.3. Porcentaje de los ingredientes en las pre-mezclas para queques con pejibaye.

Ingrediente	Fórmula 1 (%)	Fórmula 2 (%)	Fórmula 3 (%)	Fórmula 4 (%)
Harina de trigo	50.81	47.95	45.09	42.39
Harina de pejibaye	5.71	8.57	11.43	14.13
Azúcar	37.53	37.53	37.53	37.53
Leche	1.62	1.62	1.62	1.62
Fécula de maíz	0.62	0.62	0.62	0.62
Polvo de hornear	2.78	2.78	2.78	2.78
Sal	0.93	0.93	0.93	0.93

Los ingredientes fueron mezclados de forma manual por volteo durante 10 minutos utilizando una bolsa plástica y se siguió el siguiente procedimiento para elaborar cada uno de los queques:

En una batidora, con aspas de globo, se batieron 230 gramos de mantequilla, a alta velocidad durante cinco minutos, hasta formar una pasta homogénea y cremosa. Cuando se logró esta consistencia, se disminuyó la velocidad de mezclado y se agregaron 6 huevos, uno a uno y mezclando con la mantequilla hasta obtener una mezcla lo más homogénea posible.

Seguidamente, manteniendo la velocidad media se agregó poco a poco 647.5 g de la premezcla, alternando con agua (se agregó 200 ml de agua en total), este procedimiento se realizó hasta obtener una masa uniforme y esponjosa.

Por último, en un molde para queques con teflón, cuyas medidas eran de 25 X 40 cm de largo y 6 cm de alto, previamente engrasado y enharinado, se colocó la masa de tal forma que la altura del queque fuera constante. El queque se horneó a 350° C durante 25 minutos, en un horno precalentado a esa misma temperatura.

Con las cuatro formulaciones se realizaron pruebas sensoriales utilizando escalas ancladas para determinar las diferencias entre los queques realizados con cada formulación. Finalmente se realizó una prueba hedónica utilizando una escala de nueve puntos para determinar el agrado general por parte de los consumidores hacia cada uno de los queques elaborados con las diferentes formulaciones.

3.4.8.1. Preparación de los descriptores para el panel de caracterización de las premezclas

Se realizaron tres paneles informales con la participación de tres especialistas para hallar las variables que se analizaron en el panel de caracterización de los queques obtenidos con cada una de las cuatro premezclas. De igual manera, se establecieron las referencias máximas y mínimas necesarias para anclar las escalas de cada uno de los descriptores definidos.

Después de probar y analizar cada una de las muestras se tomaron como variables de estudio la intensidad del color anaranjado, intensidad del sabor a pejibaye, la dureza de los queques al morderlos con los dientes frontales y boronosidad. Además, se observó que el olor no era diferente entre los queques, por lo que esta variable no fue analizada.

Una vez obtenidas las variables se prosiguió a buscar las referencias mínimas y máximas, de tal forma que el panelista pudo delimitar y conceptuar más fácilmente cada una de las variables. Se buscaron muestras de la misma índole, es decir, diferentes productos de panadería, ya que permitían un mejor entendimiento de las características a comparar. Las referencias para cada uno de los descriptores se definen en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Referencias utilizadas para anclar las escalas de cada descriptor.

Descriptor	**Referencia menor**	**Referencia mayor**
Color anaranjado	Queque seco sin harina de pejibaye	Queque sustituido con un 35% de harina de pejibaye
Sabor a pejibaye	Queque seco sin harina de pejibaye	Queque sustituido con un 35% de harina de pejibaye
Dureza	Queque espumoso relleno con un 50% de crema pastelera	Queque seco almacenado 2 días en refrigeración
Boronosidad	Queque sustituido con un 5% de harina de pejibaye	Queque seco almacenado 2 días en refrigeración

3.4.8.2. Caracterización de los queques elaborados con las diferentes premezclas

Una vez determinadas las características a evaluar, así como las "anclas" o límites de referencia para cada característica a determinar en los queques, se estructuró un panel formal donde se contó con el apoyo de 25 jueces semi-entrenados, que trabajan en el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Este grupo de panelistas no recibió ningún tipo de entrenamiento previo, solamente una breve explicación del método a utilizar en cada prueba.

A cada panelista se le presentaron las muestras en orden aleatorio, para evitar los fenómenos de error de tiempo y efecto de contraste. Cada muestra se colocó en cápsulas de papel blanco, codificadas con tres dígitos diferentes elegidos de forma aleatoria, tal y como se muestra en la Figura 3.4. Todas las pruebas, excepto la de intensidad del color anaranjado, se realizaron empleando la luz roja donde se evitó que las diferencias de color interfirieran con las decisiones de los jueces, al analizar las otras características.

Figura 3.4. Presentación de las muestras en el panel de caracterización

Las forma de las muestras fue la especificada en la Figura 3.5. Se trató que todas las muestras presentaran una forma homogénea, por lo que a los queques se les eliminó la corteza y únicamente se analizó la miga.

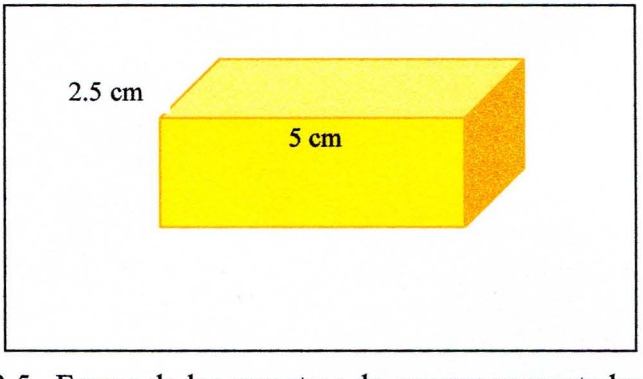


Figura 3.5. Forma de las muestras de queque presentadas en panel.

En la hoja de respuesta de los panelistas se utilizaron escalas de 10 cm, para determinar las diferencias entre la intensidad del color anaranjado, el sabor a pejibaye, la dureza y la boronosidad de los queques elaborados con cada una de las formulaciones realizadas empleando harina de pejibaye como sustituto de la harina de trigo.

Se empleó una escala no estructurada sin mayores descriptores que los extremos de la escala en los cuales se puntualiza la característica de intensidad del color anaranjado, sabor a pejibaye, grado de dureza y boronosidad de los queques. Las hojas de respuesta presentadas a cada panelista se encuentran en el Apéndice E.

A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza, técnica estadística que con base al principio de t de Student, permite estudiar si existe diferencia significativa entre la media de las calificaciones asignadas a más de dos muestras (Pedrero, 1989). En los casos donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa se aplicó un análisis de Tukey para determinar la diferencias existentes entre las muestras.

3.4.8.3. Definición del agrado general de los queques

Para determinar la aceptación de cada una de los queques, se realizó una prueba de agrado general con consumidores de queques, es decir, personas que consumen algún tipo de queque por lo menos una vez cada quince días.

Como en este tipo de análisis las respuestas obtenidas por los consumidores son muy variadas y subjetivas, se requirió realizar el panel con 50 consumidores como mínimo, para que esta variación sea constante y aparezcan las diferencias más importantes de los queques en estudio (Pedrero, 1989).

Se elaboró un queque con cada una de las cuatro formulaciones, cada queque se presentó en muestras iguales, de acuerdo a la Figura 3.5. Las cuatro muestras se presentaron en cápsulas de papel idénticas, cada una codificada con tres números al azar y diferentes. A cada panelista se le solicitó evaluar cuánto le agradaba cada muestra, haciendo uso de una escala de nueve puntos para calificarla, la hoja de respuesta elaborada para esta prueba se localiza en el Apéndice E. Para cada una de las pruebas las muestras fueron colocadas en un orden de presentación aleatorio.

Todas las muestras se mostraron al mismo tiempo, con la finalidad de simplificar la elaboración del panel y, a la vez, le permite al consumidor realizar comparaciones entre las muestras y volver a probar las muestras si así lo deseara. Con la escala de nueve puntos se le permitió al juez asignar la misma categoría a más de una muestra.

Se aplica un procedimiento de comparación múltiple para el análisis de datos ordenados (Newell & MacFarlane, 1987). Se busca en una tabla el rango absoluto crítico al 5% de significancia para 4 muestra y 50 panelistas que es de 34. Este valor se compara contra las diferencias absolutas entre la suma de calificaciones de cada par de muestras.

3.5. METODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. Análisis físico - químicos

3.5.1.1. Determinación de la humedad del pejibaye deshidratado.

Las muestras se homogenizaron en una licuadora, posteriormente se procedió según el método 27.005 del AOAC (1990), donde se mantuvo 2 gramos de la muestra a una temperatura entre 95 y 100° C por un período de 12 horas en estufa de vacío, hasta llegar a peso constante. La diferencia de peso antes y después del tratamiento fue el contenido de agua del producto.

3.5.1.2. Determinación del color del pejibaye deshidratado.

El color de las muestras se midió por medio del colorímetro Hunter Lab. La determinación del color se realizó utilizando la escala "Lab", descrita en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Descripción de la escala del colorímetro.

Parámetro	Escala	Color
L	0 - 100	Negro - Blanco
a.	-50 -50	Verde - Rojo
b.	-50 - 50	Azul - Amarillo

Las muestras se molieron en una licuadora hasta pulverizarlas. Para medir el color la harina elaborada se colocó en placas de Petri pequeñas; el valor del color que se utilizó fue el promedio de las cuatro medidas que realizó el instrumento en cada muestra. Con cada muestra la medición del color se realizó por triplicado y se tomó el promedio como dato final.

3.5.1.3. Determinación de la fuerza de penetración

Los pejibayes se prepararon partiendo cada unidad a la mitad por medio de un corte longitudinal, teniéndose como resultado dos mitades iguales (Ver Figura 3.6).

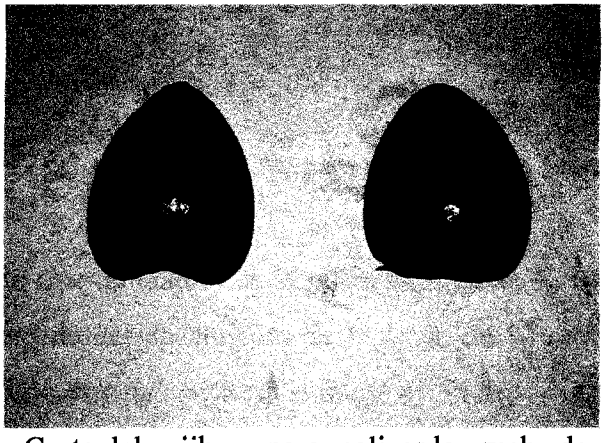


Figura 3.6. Corte del pejibaye para realizar la prueba de penetración.

Para realizar estas determinaciones se hizo uso de un soporte para mantener los frutos en una posición estable. Cada mitad se colocó con la parte plana sobre el soporte de tal forma que permitiera aplicar la aguja de penetración en la sección más ancha del pejibaye, es decir, cerca de la base.

Esta prueba permitió determinar la fuerza de penetración máxima necesaria para romper la cáscara y penetrar el fruto. Las condiciones utilizadas fueron: una aguja con un diámetro de 0.325 cm, una velocidad de desplazamiento de la aguja de 50 mm / min y una pesa equivalente a 50 Kg.

3.5.1.4 Determinación de la fuerza de corte

Los frutos se partieron de forma longitudinal dos veces, dando como resultado cuatro divisiones iguales para cada fruto, con forma de gajos (Ver Figura 3.7). Cada fragmento se

colocó con la cáscara hacia abajo, de tal forma que está sería la última en ser cortada, el corte se realizó en la posición central de cada porción de pejibaye.

Figura 3.7. Corte del pejibaye para determinar la fuerza de corte

Se determinó en este caso la textura de la pulpa del pejibaye. Las condiciones de esta prueba fueron una velocidad de desplazamiento de la aguja de 50 mm / min, se utilizó una cuchilla de tipo Warner Brazt Ler y una pesa equivalente de 50 Kg.

La fuerza de penetración y la fuerza de corte se determinaron en la escala "Peak" del equipo hasta que el valor se mantuviera estable por unos segundos; los valores reportados corresponden al promedio de veinte determinaciones por día para cada condición.

3.5.2. Análisis sensoriales

3.5.2.1. Prueba utilizando escalas ancladas

La escala anclada es un método que genera una terminología específica para describir y cuantificar los parámetros del producto en relación con una referencia. Cada característica se califica en una escala de intensidad que contiene dos referencias, una en cada extremo.

El principio de esta prueba es establecer un común acuerdo entre el grupo de jueces para generar los descriptores adecuados y llegar al mismo nivel de entendimiento por todo el grupo (Pedrero, 1989).

3.5.2.2. Pruebas hedónicas utilizando una escala de Nueve Puntos

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto a los consumidores del mismo. En el desarrollo de estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que tienen diferentes números de categorías donde los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo de esta manera la categoría apropiada.

Una de estas escalas es la denominada de Nueve Puntos, que puede tener diferentes números de categorías, las cuales generalmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta llegar a "me disgusta muchísimo". Cada panelista define el agrado hacia cada muestra, ubicando la categoría adecuada (Watts *et al*, 1992).

Así, la escala de Nueve Puntos que se utilizó en este estudio, permitió a los consumidores, clasificados como panelistas no entrenados, definir su aceptación entre varias muestras de queques elaborados con diferentes sustituciones de harina de pejibaye.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Como se ha comentado anteriormente el fruto del pejibaye es altamente perecedero, por lo que es necesario determinar el tiempo durante el cual la fruta fresca se mantiene en buen estado. Con respecto a la harina se requiere establecer las condiciones de almacenamiento adecuadas de la materia prima, de forma que no se produzcan alteraciones físicas que afecten su calidad.

En este estudio el análisis se enfocó en la determinación de las modificaciones en la textura del pejibaye, considerando a las variaciones en la fuerza de corte y penetración en el fruto de los lotes, así como en las variaciones de color y olor durante 6 días de almacenamiento a dos temperaturas: 5° C y temperatura ambiente.

Observando el comportamiento de los frutos almacenados bajo las condiciones anteriormente citadas en los Cuadros 4.1 y 4.2, se destaca que en ambas condiciones se genera una pérdida de olor y una disminución del color interno conforme avanza el período de almacenamiento, siendo más acelerada la pérdida del olor.

Al comparar los cambios encontrados en cada condición de almacenamiento, se observó que el pejibaye almacenado a una temperatura de 5° C conserva por más tiempo el color y olor fresco. Esto se debe a que el almacenamiento en refrigeración reduce la respiración y otras actividades metabólicas, como aquellas que producen la degradación de los carotenoides y el desarrollo de aromas anormales, permitiendo de esta forma que la vida útil del producto sea mayor (Mayorga, 1972).

El pejibaye almacenado a temperatura ambiente es más susceptible al daño causado por los hongos, tal y como se observa en el Cuadro 4.2. Para el día tres se visualizaron las primeras apariciones de pequeñas manchas blancas en ciertos frutos, es a partir de este momento que se inicia el proceso de deterioro del fruto hasta llegar a su descomposición total. No ocurre lo mismo con los pejibayes almacenados en refrigeración, donde los primeros daños en el tejido de la pulpa y la presencia de hongos se evidencia a partir del quinto día del estudio de almacenamiento, siendo bajo el grado de incidencia de frutos dañados.

Cuadro 4.1. Cambios físicos y sensoriales observados en la pulpa del pejibaye almacenado a 5° C.

Día	Intensidad del color anaranjado	Intensidad del olor a pejibaye	Cambios físicos
0	++++	++++	Ninguno
1	++++	++++	Ninguno
2	+++	+++	Ninguno
3	+++	+++	Tejido menos firme
4	++	++	Pequeñas partes del tejido de la pulpa dañado
5	++	+	Hay manchas negras y mayor cantidad de daño en el tejido.

+, ++, +++, ++++: muy poco intenso, poco intenso, intenso, muy intenso, respectivamente.

Cuadro 4.2. Cambios físicos y sensoriales observados en la pulpa del pejibaye almacenado a temperatura ambiente.

Día	Intensidad del color Anaranjado	Intensidad del olor a pejibaye	Cambios físicos
0	++++	++++	Ninguno
1	+++	+++	Ninguno
2	++	++	Aparecen manchas blancas y negras en la cáscara
3	++	+	Algunas muestras presentan mohos en la pulpa
4	++	- -	Se observan mohos en la pulpa y coronilla de ciertos frutos.
5	+	Anormal	Algunos frutos están descompuestos por causa de los hongos y con mal olor.

--, +, ++, +++, ++++: imperceptible, muy poco intenso, poco intenso, intenso, muy intenso, respectivamente.

Los frutos almacenados en refrigeración presentaron un retardo en las reacciones que generaron la pérdida del color anaranjado y el olor a pejibaye fresco. Tal y como se determina al comparar los Cuadros 4.1 y 4.2, los pejibayes almacenados a 5° C mantienen un color y olor aceptable hasta el cuarto día de almacenamiento, mientras que los almacenados a temperatura ambiente presentaron una pérdida notable del color anaranjado y el olor a pejibaye fresco al llegar al tercer día de almacenamiento. Complementariamente, Mora-Urpí (1992) ha señalado que para mantener los pejibayes en mejores condiciones durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración las temperaturas no deben ser inferiores a los 8° C, debido a que el pejibaye es

un producto de clima tropical, y por tanto, es muy susceptible a las bajas temperaturas generando en el fruto daños fisiológicos.

Mora-Urpí (1992) explica que el fruto del pejibaye no es particularmente resistente a la vida poscosecha, por lo que sugiere que el proceso de comercialización deberá ser tan rápido como sea posible. Según este estudio, si el pejibaye se conserva a temperatura ambiente lo recomendado es procesarlo antes del tercer día de almacenamiento y si se encuentra a temperaturas de refrigeración antes del quinto día, ya que a partir de ese momento se inicia una pérdida de las características sensoriales y aparecen las primeras colonias de hongos.

De acuerdo con los criterios analizados hasta ese momento, se buscó seleccionar las condiciones de almacenamiento que mantuvieran por un periodo de tiempo mayor el color y el olor característicos del pejibaye fresco. Al mismo tiempo, se esperaba encontrar las condiciones de almacenamiento donde los frutos presentaron una firmeza constante, de manera que se pudiera llevar a cabo un proceso de corte uniforme durante el procesamiento de la fruta para ser deshidratada. En este estudio se tomó en cuenta que la forma básica de apreciación de la calidad de los alimentos refrigerados es la calificación sensorial, pero por presentar como inconveniente su carácter subjetivo se buscaron otros métodos de medición.

La fuerza de corte permite determinar la variación de la firmeza de la pulpa de los frutos y con la fuerza dc penetración se define la variación en la consistencia de la cáscara, durante el almacenamiento a las dos temperaturas estudiadas.

En el Cuadro 4.3, se presentan los resultados del análisis de varianza realizado, donde se observan diferencias significativas en la fuerza de corte con respecto a la temperatura de almacenamiento empleada, no habiendo variación de esta fuerza durante los días de almacenamiento.

Cuadro 4.3. Resultado del análisis de varianza de las variaciones de la fuerza de corte y la fuerza de penetración obtenidos con diferentes condiciones de almacenamiento.

Efecto	**g.l**	**Fuerza de corte**		**Fuerza de penetración**	
		Valor F	**Probabilidad asociada**	**Valor F**	**Probabilidad asociada**
Temperatura	1	9.681	0.0021*	335.405	0.0000*
Tiempo	5	0.963	0.4411	32.710	0.0000*

*Probabilidad asociada significativa.

Según estos resultados, la fuerza de corte no presenta variaciones estadísticamente significativas con el tiempo, por lo que se puede considerar que la materia prima mantiene una firmeza en su pulpa igual durante el almacenamiento a cada temperatura estudiada, (Figura 4.1). Al definir el análisis de varianza que la variación de la fuerza de corte no es igual para los frutos almacenados a 5° C y los almacenados a temperatura ambiente, en la figura 4.1 se observa que a 5° C se obtienen valores menores de fuerza de corte con respecto a los almacenados a temperatura ambiente, por lo que la pulpa de los frutos presenta una menor firmeza.

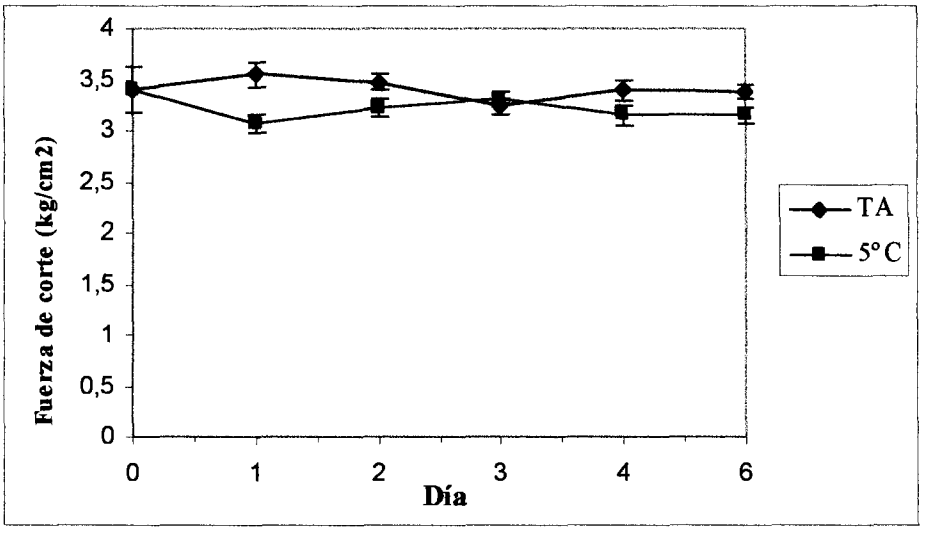


Figura 4.1. Comportamiento de la fuerza de corte del pejibaye durante su almacenamiento a temperatura ambiente y a 5° C.

Por otra parte, las variaciones en la fuerza de penetración, según el análisis de varianza, se produjeron por efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento. Se puede observar en la Figura 4.2 que de igual forma la fuerza de penetración de la cáscara fue mayor en los pejibayes almacenados a temperatura ambiente en comparación con los almacenados a 5° C, manteniéndose en este último caso una consistencia más semejante a la del fruto fresco.

Este comportamiento pudo verse afectado por el porcentaje de humedad en refrigeración superior al 80% (Pineda, 1993), lo que favorece la disminución de los efectos de deshidratación en el fruto durante su almacenamiento. Mientras tanto, los frutos almacenados a temperatura ambiente sufrieron una mayor pérdida de humedad lo que generó una mayor resistencia a la penetración de la cáscara.

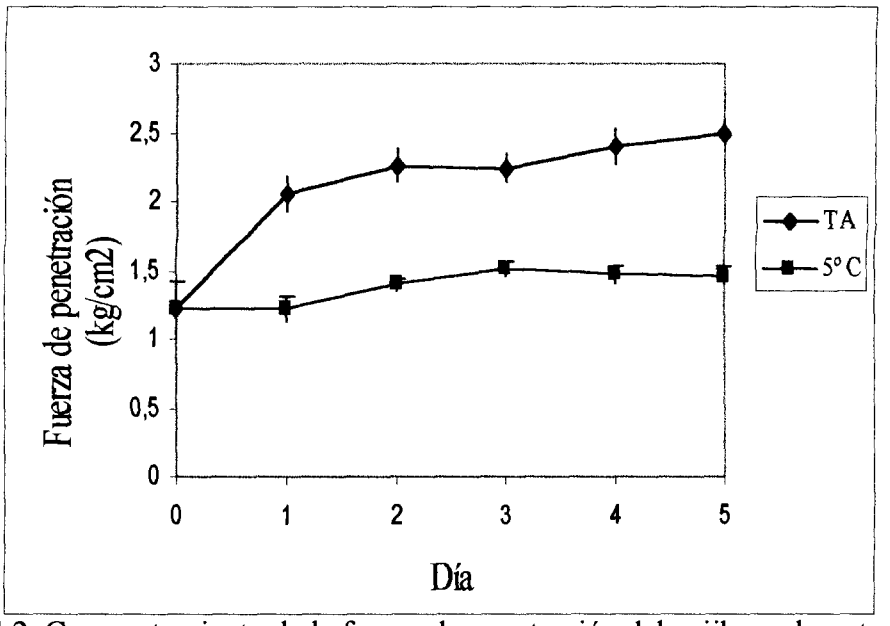


Figura 4.2. Comportamiento de la fuerza de penetración del pejibaye durante su almacenamiento a temperatura ambiente y a 5° C.

Cuando se compara el efecto del tiempo de almacenamiento, a las dos temperaturas sobre la fuerza de corte del pejibaye, la prueba de Tukey indica, tal como se muestra en el Cuadro 4.4, que existe diferencia en la magnitud de la fuerza de penetración entre las muestras analizadas el día 0 con respecto a los siguientes días, lo que indica que la fuerza de penetración durante el almacenamiento no se mantiene igual a la del fruto fresco, además, que a partir del tercer día la dureza de la cáscara no varía.

Cuadro 4.4. Prueba de comparación de promedios de Tukey para la fuerza de penetración aplicada en los frutos de pejibaye.

Día de almacenamiento	**Fuerza de penetración (kg_f/cm^2)**
0	$1,225^{a}$
1	$1,637^{b}$
2	$1,827^{b,c}$
3	$1,875^{c,d}$
4	$1,932^{d}$
5	$1,980^{d}$

a, b, c, d: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

La evaluación estadística de estos resultados confirma la resistencia del producto al cambio cuando se almacena en refrigeración. Además, al comprobar por medio del análisis de varianza que ambas muestras son diferentes, se estableció que el proceso de deterioro es diferente en ambos lotes y según las observaciones de los Cuadros 4.3 y 4.4, este proceso se ve retardado al almacenar el fruto en refrigeración, a pesar de que los valores de la fuerza de corte y penetración de los frutos sean inferiores.

Para efectos del proyecto, los resultados permitieron establecer que el pejibaye almacenado a temperatura de refrigeración es el mejor método de almacenamiento, debido a que no se dan variaciones significativas en la fuerza de corte y las variaciones en la fuerza de penetración son pequeñas durante cinco días, proporcionando un fruto con una firmeza uniforme durante el período de almacenamiento.

Además, los frutos almacenados a 5° C tienen un efecto retardado de descomposición por efecto de los microorganismos, lo que permite tener una materia prima de mejor calidad y con características más homogéneas que se harán evidentes en el producto deshidratado.

4.2. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CORTE Y DE LA CARGA EN BANDEJAS PARA REALIZAR LAS CINÉTICAS DE SECADO DEL PEJIBAYE

Antes de realizar la operación de secado del pejibaye, fue preciso definir un tipo de corte adecuado, de tal forma que la muestra pudiera ser secada rápida y homogéneamente, sin que modifique la cinética de secado típica del pejibaye.

En la Figura 4.3 se muestra el efecto del secado con aire caliente sobre cada tipo de corte, donde se observa que el tiempo de deshidratación disminuye conforme el grosor de los trozos es menor.

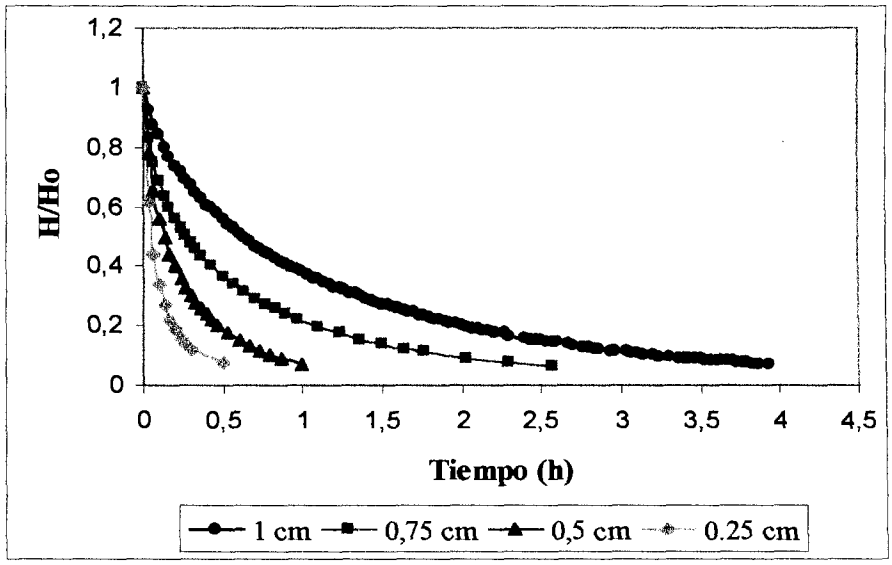


Figura 4.3. Cinéticas de secado del pejibaye según el grosor del corte (Carga: 5,41 kg/m^2)

Según lo recomienda Bustamente (1994) el producto a deshidratar debe ser del menor tamaño posible, puesto que de esta manera se produce una mayor área de exposición al medio de calentamiento y al escape de humedad. Adicionalmente, con trozos de menor tamaño se reduce la distancia que debe recorrer el calor para llegar al centro del producto, y la del agua para alcanzar la superficie. Por tal motivo, se procedió a escoger la apertura de cuchilla de 0.25 cm para realizar el corte de los frutos, no solo porque permitió obtener los trozos más pequeños, sino que además el tiempo de secado fue menor con respecto a los obtenidos en las muestras troceadas con aperturas de cuchilla mayor.

Con la finalidad de definir la carga en bandeja adecuada, definida como, el peso del producto por unidad de área que puede colocarse sin generar deformaciones en la cinética propia del pejibaye, y asegurándose un uso eficiente del espacio (Bustamante, 1994), se estudiaron cuatro cargas diferentes. Una primera carga en bandeja de 3.03 kg/m^2, la cual consistió en la cantidad mínima de pejibaye troceado con una apertura en la cuchilla de 0.25 cm, que pudo cubrir el plato del secador.

Posteriormente se colocaron cargas de 5.41, 6.14 y 9.22 Kg/m^2 donde el producto se esparció en la misma área de secado, de manera uniforme, evitando en lo posible el amontonamiento de producto. Todas las deshidrataciones se realizaron bajo las mismas condiciones, hasta que el producto alcanzó un 10% de humedad final.

Como se observa en la Figura 4.4, las cinéticas de secado para las diferentes cargas en bandejas presentan tiempos de deshidratación muy similares al igual que la forma de las curvas, por lo que no se evidencian diferencias en las curvas de deshidratación.

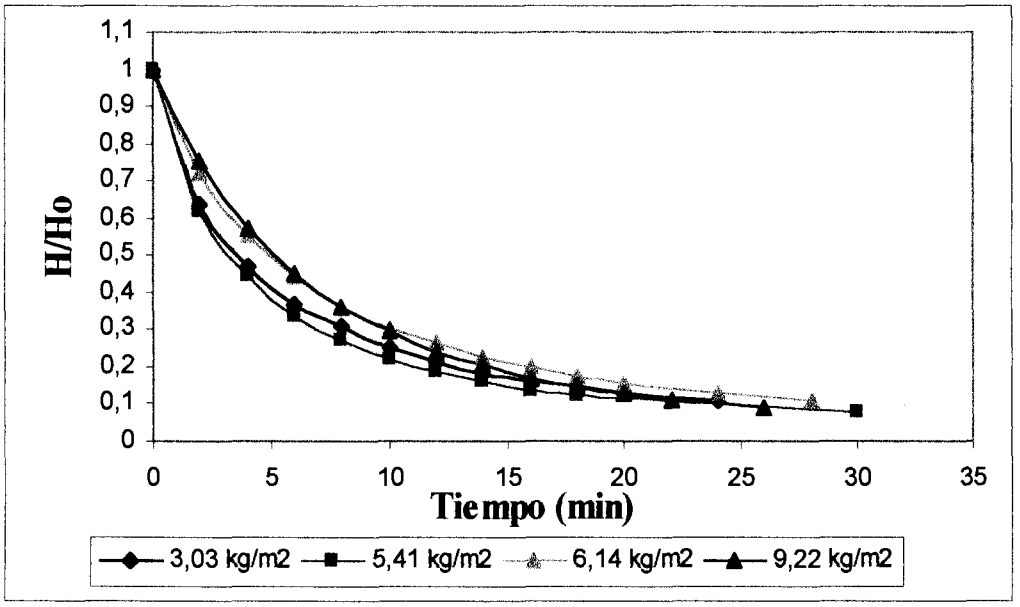


Figura 4.4. Cinéticas de deshidratación del pejibaye según la carga en bandejas

Cuando se llevó a cabo el proceso de secado se observó que utilizando una carga en bandeja de 9,22 kg/m^2 el plato quedaba prácticamente cubierto por el pejibaye, lo cual podría provocar pérdidas de producto durante la operación, ya que el plato se vio sometido a constantes movimientos debido al sistema de lectura con el que cuenta. Además, considerando que Bustamente (1994) recomienda secar los productos en capas delgadas, se descartó la idea de utilizar la carga mayor en bandeja para evitar incurrir en el riesgo de disminución del peso por efecto de pérdida de producto y no por eliminación de agua.

Se eligió la carga en bandeja de 6,14 kg/m^2 como la más adecuada para desarrollar el estudio de deshidratación del pejibaye, dado que permitió secar una considerable cantidad de producto manteniendo la cinética de secado típica del pejibaye y sin que se observaran alteraciones en la cinética.

4.3. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE REPETICIONES

Al contar con una materia prima poco caracterizada, sin control sobre las especies que se cultivan en una misma zona de producción y sin registros de las variaciones en la composición química y sensorial que se dan de una especies a otra. Fue necesario establecer el número de repeticiones de las cinéticas de secado que se debieron realizar para obtener resultados significativos.

Generalmente, se recomienda que al realizarse un estudio de deshidratación las características del producto por deshidratar sean en la medida de lo posible controladas, debido a que de ellas depende la evolución del proceso de secado (Bustamante, 1994).

En el caso de un producto tan heterogéneo como el pejibaye, se eligió la materia prima de una misma zona de cultivo, en este caso el pejibaye provino de Guápiles, con el fin de disminuir la variabilidad del estudio de secado.

Se partió de esta selección de la materia prima, y se estableció que la cantidad de repeticiones estaban directamente relacionadas con la variabilidad del color en el producto deshidratado obtenido. Se determinó que cada unidad de muestreo sería un pejibaye deshidratado y molido bajo las mismas condiciones (secado con aire caliente a 70° C, 12 g/kh de aire seco y 2.5 m/s de velocidad del aire de secado). A las unidad de muestreo se les midió el color con el colorímetro Hunter y se escogió la variable b, porque fue la que presentó mayor diferencia entre los grupos (Ver apéndice B).

Se procedió según se describe en el apartado 2.5.3, utilizándose la siguiente fórmula:

$$\varphi = \sqrt{((5*1.94^2)/(2*12*0.32))} = 1.57$$

Con un número de repeticiones (n) igual a cinco, se obtuvo el siguiente valor de V_2:

$$V_2 = 12*(5-1) = 36$$

A partir de los datos de φ y V_2 se obtuvo gráficamente (Jerrot, 1996) una potencia de la prueba ($1-\beta$) de 0.90, con la cual se estableció que repitiendo cinco veces cada una de las cinéticas de secado, para los doce tratamientos estudiados, se obtendrían datos estadísticamente confiables para escoger las condiciones de secado adecuadas para realizar la operación de deshidratación del pejibaye a nivel industrial.

4.4. ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN DEL PEJIBAYE CON AIRE CALIENTE

En el estudio de deshidratación del pejibaye se procedió a realizar cada una de las 5 repeticiones de los doce tratamientos utilizando un solo lote para cada repetición, donde cada uno de los lotes estaba constituido por un racimo de pejibayes.

Para cada una de las condiciones, se determinó el tiempo promedio que se necesitó para que el pejibaye llegara a una humedad final del 10%. En el Cuadro 4.5 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a los tiempos finales de secado, interpolando en un gráfico semilogarítmico, realizado a partir de las cinéticas de secado obtenidos en el estudio (Ver cinéticas en el apéndice C).

Cuadro 4.5. Análisis de varianza aplicado a los tiempos finales de secado del pejibaye.

Efecto o interacción	g.l	Valor F	Probabilidad asociada
Velocidad	1	7.770	0.007**
Temperatura	2	9.099	0.000***
Humedad	1	4.037	0.050*
Velocidad vs Temperatura	2	0.651	0.526
Velocidad vs Humedad	1	0.199	0.662
Temperatura vs Humedad	2	0.103	0.902
Velocidad – Temperatura – Humedad	2	0.044	0.957

*, **, ***: efecto estadísticamente significativo al 5%, 1%, 0.1%, respectivamente.

Este análisis determinó que no existe ningún tipo de interacción estadísticamente significativa entre las tres variables estudiadas, por lo tanto, las cinéticas no se ven afectadas por un efecto combinado entre la temperatura, velocidad y humedad del aire de secado, lo cual quiere decir que la magnitud del efecto de cada una de las variables no depende de las otras dos.

Además, los resultados del ANDEVA indican que hay diferencias significativas entre los niveles de los efectos al variar la temperatura, humedad y velocidad del aire.

En la Figura 4.5 se presenta cómo influye la temperatura en el proceso de deshidratación al emplear aire con humedad de 12 g agua/kg aire seco y velocidad de 2,5 m/s, donde es notorio que el incremento de la temperatura genera un aumento importante en la razón de pérdida de humedad.

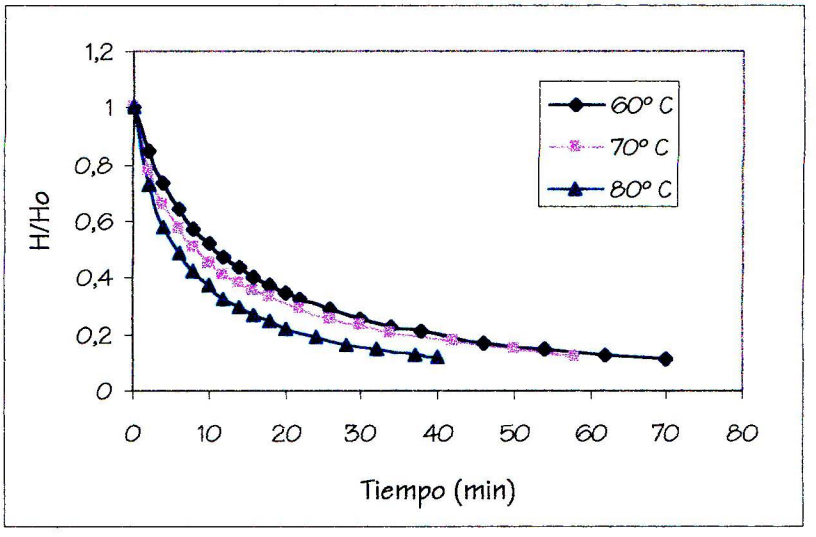


Figura 4.5. Efecto de la temperatura del aire de secado en las cinéticas de secado del pejibaye a 2,5 m/s y 12 g agua/kg de aire seco.

Tal comportamiento se ajusta a lo especificado por Bimbenet (1984), quien explicó que la elevación de la temperatura produce menores tiempos de secado y conduce a la reducción de la humedad relativa del aire, lo que hace mayor la diferencia con respecto al a_w del alimento, favoreciendo de esta forma la eliminación de humedad.

Además, considerando que la temperatura del aire cede al producto la energía necesaria para la difusión y evaporación de la humedad (Van Arsdel *et al*; 1973), un aumento en la temperatura de secado provoca un incremento en la temperatura del producto y en el coeficiente de difusión del agua, consiguiendo que la velocidad de secado sea apreciablemente menor (Bimbenet *et al*; 1984).

Para determinar si existen diferencias significativas entre las temperaturas empleadas, la prueba de Tukey descrita en el Cuadro 4.6 muestra que los tiempos obtenidos en los procesos de secado realizados a 60° C son diferentes a los realizados a 70 y 80° C. Adicionalmente, no existe una diferencia estadística significativa entre los procesos realizados con las dos últimas temperaturas.

Cuadro 4.6. Prueba de comparación de promedios de Tukey para los tiempos finales (minutos) de secado de pejibaye según temperatura del aire caliente.

Temperatura	Tiempo final de secado (min)
60	57.275[a]
70	41.154[b]
80	30.208[b]

a, b: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

Para poder escoger entre la temperatura de 70 y 80° C que se recomendaría en el proceso de deshidratación, se consideró que en la producción de alimentos deshidratados, se debe establecer un uso racional de las fuentes de energía, ya que es uno de los factores más representativos al determinar el costo total de la operación.

Por ello, se escogió utilizar la temperatura de 70° C ya que combina efectivamente una producción rápida de pejibaye deshidratado y disminuye el costo de producción, debido a que el utilizar una temperatura de 80° C significaría un aumento en el consumo de energía.

En la Figura 4.6 se muestra como las variaciones en la humedad del aire tienden a modificar el proceso de deshidratación de la siguiente manera: cuando la humedad del aire de secado es de 55 g agua/kg aire seco el proceso se hace más lento; mientras que, cuando la humedad es de 12 g agua/kg aire seco el tiempo de secado disminuye.

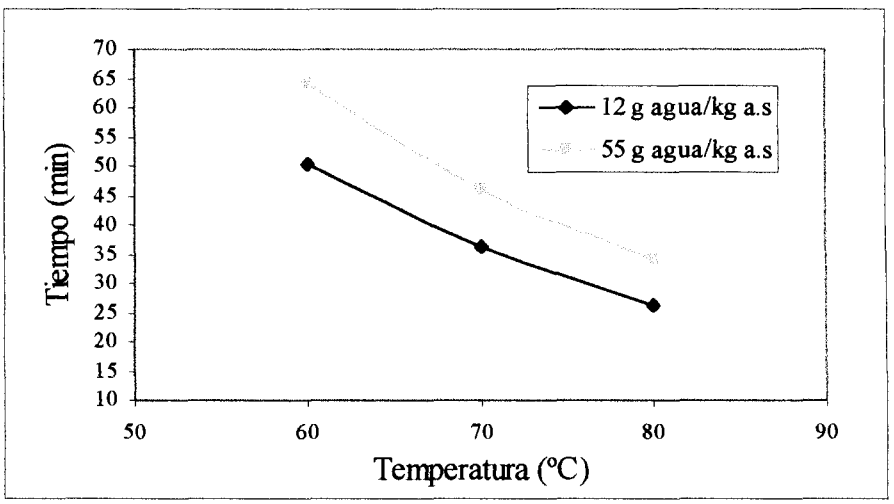


Figura 4.6. Efecto de la temperatura y la humedad del aire sobre los valores promedio del tiempo final de secado de pejibaye (velocidad de 2,5 m/s)

Este efecto se debe a que al aumentar la humedad relativa del aire, este tiene menor capacidad para absorber agua del producto lo que hace que la razón de pérdida de humedad sea menor y se requiera un mayor tiempo de secado (Cheftel *et al*; 1983).

De igual manera, una mayor humedad en el aire de secado implica una menor capacidad para aceptar el agua que se libera del producto, requiriendo cantidades superiores de aire para efectuar el secado del producto (Bustamente, 1994). Así, al emplear aire con una humedad de 55 g agua/kg aire seco para secar el pejibaye, se produjo un retraso en el proceso de deshidratación; según los valores del tiempo de secado presentes.

En la Figura 4.6, se observa que esta disminución fue de aproximadamente 10 minutos para cada temperatura. Por tal razón, se recomienda en este caso, una humedad de 12 g agua/kg aire seco con el objetivo de obtener una deshidratación más eficiente.

Por otra parte, para establecer el efecto de la variación del tiempo de deshidratación del pejibaye al variar la velocidad del aire de secado, el resultado del ANDEVA indicó que los tiempos de secado utilizando velocidades de 1.0 m/s son estadísticamente diferentes a los tiempos obtenidos al secar el pejibaye con una velocidad de 2.5 m/s.

El incremento en la velocidad del aire caliente acelera la reducción del contenido de humedad en el alimento, tal y como se puede apreciar en la Figura 4.7, resultando prácticamente inapropiado utilizar una velocidad de secado menor que 2,5 m/s pues el periodo de secado se hace notoriamente mayor.

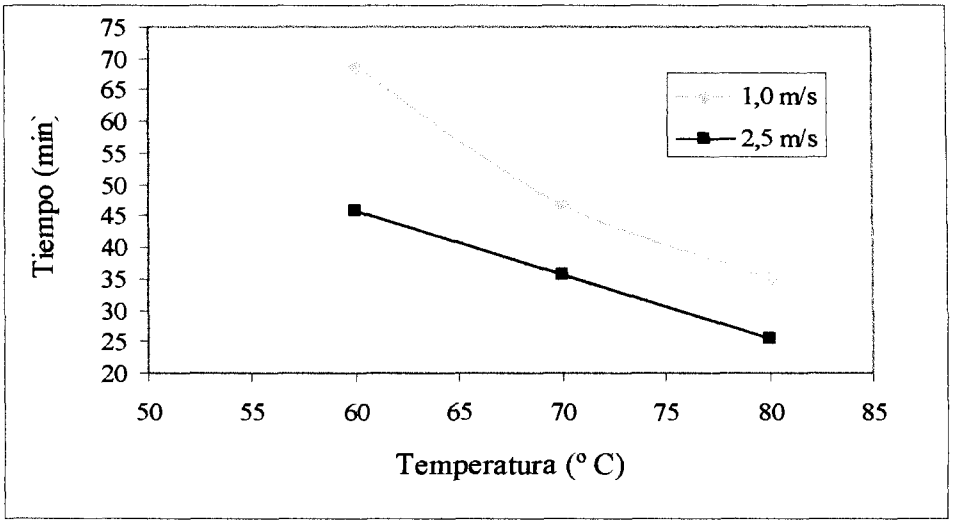


Figura 4.7. Efecto de la temperatura y la velocidad del aire sobre los valores promedio del tiempo final de secado de pejibaye

La velocidad del aire, tiene un efecto considerable en la variación de los tiempos de secado del pejibaye, lo cual se refleja en las cinéticas de secado. El secado de estas muestras a una velocidad de 1.0 m/s provoca un aumento en el tiempo (aproximadamente 10 minutos), lo que implica que un aumento en la velocidad del aire disminuye el tiempo de secado.

Adicionalmente el análisis detallado de las cinéticas de secado muestran en las Figuras 4.8 y 4.9 el comportamiento observado en las cinéticas cuando se realizaron modificaciones en la velocidad y humedad del aire de secado a 70° C. Las restantes temperaturas estudiadas presentan un comportamiento similar (Ver apéndice G). En dichas figuras se ilustra como un aumento en la velocidad y en la humedad del aire no provocaron cambios notorios en la forma de la curva de secado del pejibaye.

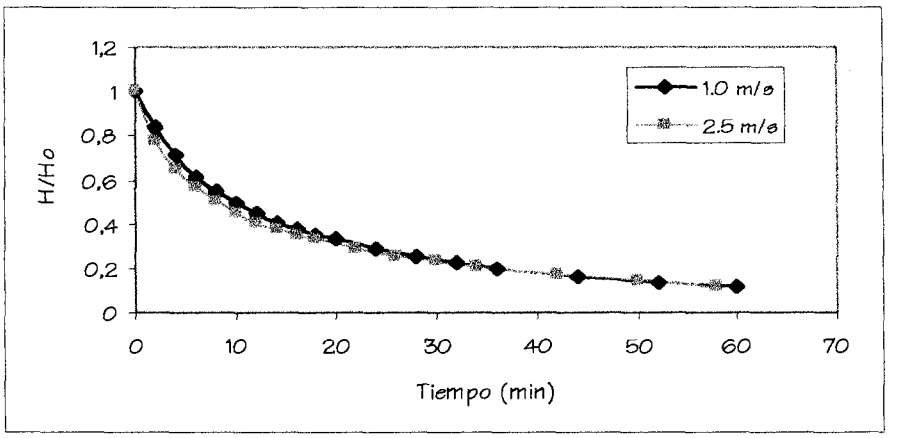


Figura 4.8. Efecto de la velocidad del aire en las cinéticas de secado del pejibaye a 70° C y humedad de 12 g agua/kg de aire seco.

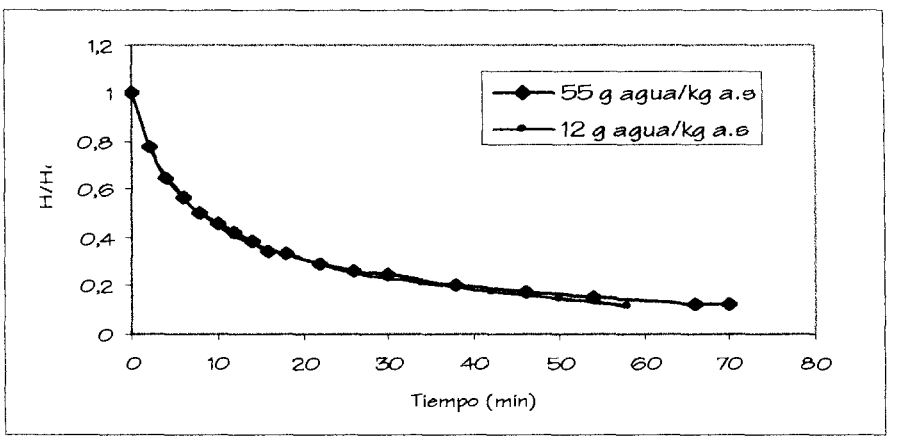


Figura 4.9. Efecto de la humedad del aire en las cinéticas de secado del pejibaye a 70° C y velocidad de 2,5 m/s.

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del ANDEVA, al no existir una relación estadísticamente significativa entre las tres variables independientes (temperatura, velocidad y humedad), se pudo establecer la existencia de diferencias significativas en el tiempo del proceso según el tratamiento utilizado, tal y como se muestra en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7. Análisis de varianza aplicado a los tiempos finales de secado del pejibaye.

Efecto o interacciones	g.l	Valor F	Probabilidad asociada
Tratamientos	11	2.891	0.005*

* efecto estadísticamente significativo al 1%.

En el Cuadro 4.8 se presenta el análisis de Tukey, aplicado para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los doce tratamientos. En este mismo cuadro se observan los valores promedios obtenidos para los tiempos finales de secado según las condiciones de deshidratación.

Cuadro 4.8. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el tiempo final promedio de secado del pejibaye según el tratamiento aplicado.

Tratamiento	Condición	Tiempo final de secado (min)
1	60° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	61,384[a,b]
2	60° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	39.462[a,b]
3	60° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	76,036[b]
4	60° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	52,218[a,b]
5	70° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	41,210[a,b]
6	70° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	31.48[a]
7	70° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	52,370[a,b]
8	40° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	39,558[a,b]
9	80° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	28.644[a]
10	80° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	23.68[a]
11	80° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	41,216[a,b]
12	80° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	27,294[a]

a, b: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

A partir de estos resultados se concluye que el proceso de deshidratación más lento fue el realizado con una temperatura de 60° C, velocidad del aire de 1.0 m/s y una humedad relativa de 55 g agua/kg a.s. Así al observar los tiempos de secado promedio presentes en el Cuadro 4.8 se aprecia que aumentos en la velocidad del aire tienden a acelerar el proceso de secado. Este comportamiento es esperado, ya que al aumentar el flujo del aire en contacto con

el producto a valores de 1.5 m/s o superiores, se disminuye la formación de una capa de aire saturada sobre el producto, provocando que las resistencias externas sean despreciables, y que haya una mayor difusión del agua (Cheftel *et al*; 1983).

A su vez, debe señalarse que el valor promedio del tiempo de secado del tratamiento 3, presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.05$) respecto a los tratamientos 6, 9, 10 y 12, descritos en el cuadro anterior. Finalmente, otra observación importante es que los tratamientos 6, 9, 10 y 12 fueron los que presentaron menores tiempos de deshidratación, no existiendo diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) entre ellos.

4.4.1. Efecto de la temperatura, la humedad y la velocidad del aire sobre el color del pejibaye deshidratado.

Todo estudio de deshidratación debe estar asociado a un análisis sensorial, enfocado en las variaciones inaceptables en el producto final. Para este estudio se contempló que una pérdida de color durante esta operación resultaría totalmente insatisfactorio, debido a que se desea que la harina elaborada sea lo más similar al producto fresco.

Cuadro 4.9. Valores promedio de los parámetros de color del pejibaye deshidratado molido.

Tratamiento	Condiciones de secado	L	a	b
1	60° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	58.93	17.23	35.44
2	60° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	58.28	16.46	34.68
3	60° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	57.50	17.50	34.53
4	60° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	58.00	15.63	34.13
5	70° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	59.73	17.05	35.61
6	70° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	58.59	16.53	34.95
7	70° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	58.09	17.61	34.87
8	40° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	58.34	16.43	34.54
9	80° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg a.s	62.29	17.27	36.08
10	80° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg a.s	59.77	16.85	35.75
11	80° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg a.s	58.60	17.28	35.01
12	80° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg a.s	58.80	16.36	34.91

Del análisis estadístico de estos resultados presentes en le Cuadro 4.9 (Ver apéndice C), se extrae que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el color debidas al efecto combinado de la temperatura, velocidad y humedad del aire durante la

deshidratación con respecto a las características de intensidad de color con respecto a los valores de a, b y L determinados por el colorímetro.

De igual forma no se obtuvo diferencias significativas en los parámetros del color, por efecto de variaciones en la temperatura y velocidad del aire, con excepción de la humedad que presenta una variación significativa respecto al parámetro b. En el Cuadro 4.10. se muestran dichos resultados.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza del color en el pejibaye deshidratado molido.

Efecto o interacción	**Probabilidad asociada**		
	Factor L	**Factor a**	**Factor b**
Velocidad	0.3386	0.1907	0.2263
Temperatura	0.1823	0.9572	0.2317
Humedad	0.1062	0.8922	0.0382*
Temperatura*Velocidad	0.5452	0.9281	0.9078
Humedad*Velocidad	0.2192	0.6043	0.6674
Humedad*Temperatura	0.4350	0.9482	0.9066
Temp*Humedad*Velocidad	0.5873	0.9847	0.9965
Tratamientos	0.3389	0.9951	0.5676

*Indica que existe un efecto estadístico al 5% de confianza.

El valor promedio para "b" cuando la humedad del aire era de 12 g agua/kg aire seco fue de 35.41 y para una humedad de 55 g agua/kg aire seco fue de 34.66. Una diferencia tan baja solamente es determinada por el colorímetro pero no por los consumidores de la harina, de tal forma que no es un factor determinante para establecer las condiciones de la deshidratación. Además, independientemente de las condiciones estudiadas en cada tratamiento no hay una diferencia notable del color del pejibaye seco obtenido.

4.5. CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL PEJIBAYE DESHIDRATADO MOLIDO.

El proceso de molienda se realizó únicamente con la malla de 0.084 cm, ya que la malla de menor apertura (0.025 mm) provocó que la harina se quemara durante la molienda. Esto se ve afectado por la elevada presencia de grasa en el pejibaye deshidratado y al aumento de la temperatura generado por fricción durante el proceso de molturación.

Los resultados del análisis de tamizado de la harina, se muestran en la Figura 4.10. Se aprecia que la distribución de partículas para el pejibaye molido es relativamente homogénea (partículas de tamaño similar). Esta característica junto con la presencia de un alto porcentaje de partículas de menor tamaño, facilitó la producción de las formulaciones de las premezclas debido a que los demás ingredientes presentaban partículas de tamaño similar.

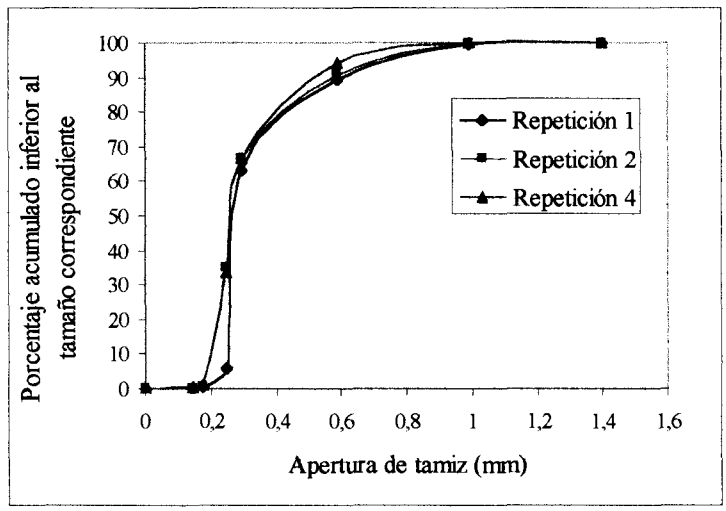


Figura 4.10. Curva de distribución del tamaño de partícula del pejibaye molido.

Estudios previos llevados a cabo para analizar el comportamiento de diversas mezclas de harinas para emplear en panificación, han demostrado que las partículas cuyo tamaño excede los 180 micrómetros muestran tendencia a adherirse a la superficie externa de la masa, produciendo pan con fragmentos gruesos en la miga y corteza y reducción en el volumen. Por tal razón, la harina producida con la malla de 0.084 cm no sería la más conveniente en panificación porque casi todas las partículas tienen un tamaño mayor al necesario para panificación (CITA, 1984).

Partiendo de la caracterización granulométrica del pejibaye molido con la malla de 0.084 cm, se obtuvo que la distribución de partículas fue más fina que gruesa, ya que aproximadamente solo el 40% queda retenido entre los tamices de mayor apertura, en comparación con el 60% que queda retenido entre los tamices de menor apertura, presentando la mayor acumulación entre los tamices con apertura de 0.175 mm a 0.589 mm.

En la Figura 4.10 se observa que la mayor fracción de partículas obtenidas por molienda en malla de 0.087 cm tienen un diámetro mayor a 0.2 mm. De acuerdo a estos

resultados se tiene que la granulometría de las harinas fue adecuada para la elaboración de las premezclas, gracias a que presenta una distribución homogénea y con mayor porcentaje de partículas finas lo que permite una mejor mezcla de los ingredientes secos.

4.6. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO ACELERADO DE LA HARINA DE PEJIBAYE.

De acuerdo a las observaciones de los panelistas se determinó que durante los primeros quince días de almacenamiento a 37 y 45° C no se encontró diferencias entre el color de las muestras con respecto a la muestra control (5° C). Algunos panelistas sí detectaron una mayor intensidad en el olor a pejibaye en la muestra control respecto a las almacenadas, pero la definieron como una diferencia muy leve y difícil de percibir.

Al alcanzar treinta días de almacenamiento, todos los panelistas coincidieron en que la muestra almacenada a 45° C presentaba el mismo color anaranjado de la muestra control pero con menor intensidad. Algunos definen esta disminución como una pérdida de brillo de la muestra respecto al control; para la muestra a 37° C no se presentaba todavía una diferencia tan notable. De igual forma, la muestra almacenada a mayor temperatura según observación de algunos de los panelistas, presentó una pérdida significativa en la intensidad del olor a pejibaye, para otros ya la muestra presentaba olor a rancio. Con la muestra almacenada a 37°C se determinó que solamente presentaba una disminución en la intensidad del olor a pejibaye pero no presentaba olor a rancio. En este momento fue notable, para los panelistas, que la muestra tenía un olor definido como a "guardado", es decir la muestra comienza a dar indicios de tener un periodo excesivo de almacenamiento.

Cuando se completó un periodo de almacenamiento de 45 días la muestra almacenada a 45° C presentó un cambio total del color; donde la muestra control presentaba un color anaranjado mientras que la muestra a 45°C era de color amarillo. Junto al cambio drástico de color se dio una pérdida total del olor a pejibaye y un olor característico definido como rancio.

En ese momento la muestra a 37° C ya presentaba una diferencia notable en el color y una mayor incidencia del olor a rancio, pero el estudio se continuó hasta que la muestra almacenada a 37°C alcanzara el mismo grado de deterioro que el observado para la muestra de

45° C a los 45 días. Esta observación se dio a los 60 días de almacenamiento, donde ya la muestra a 45° C presentaba un grado de deterioro total.

Según las observaciones de los panelistas y los datos registrados en el Cuadro 4.11, se estableció que cuando se presentan en conjunto diferencias de **L** entre 5.25 y 6.44, de **a** entre 10.42 y 13.50 y de **b** entre 2.04 y 3.01 entre las muestras almacenadas y el control, es cuando se detecta el punto de inicio del deterioro del producto.

Cuadro 4.11. Color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento acelerado.

Día	**L**			**a**			**b**		
	5° C	37° C	45° C	5° C	37° C	45° C	5° C	37° C	45° C
0	62.90	62.90	62.90	18.16	18.16	18.16	38.47	38.47	38.47
15	62.60	62.10	61.73	17.94	18.37	18.08	39.17	38.87	38.35
30	63.23	62.31	64.57	17.51	17.32	13.26	39.73	32.26	38.72
45	63.39	64.21	69.3	16.23	13.64	2.73	39.27	38.48	36.17
60	64.00	69.25	75.96	14.74	4.32	-2.47	39.72	37.68	21.45
86	63.64	73.08	75.73	14.58	-2.32	-2.42	39.55	28.14	18.84

Para el día final del estudio se observó que ambas muestras presentaban un grado de deterioro total, en algunas muestras almacenadas a 45° C se apreciaba el inicio de deterioro microbiológico debido a la presencia de algunas pequeñas colonias de hongos.

4.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS QUEQUES ELABORADOS CON LAS DIFERENTES PREMEZCLAS

4.7.1. Definición de las escalas ancladas

Para el análisis de las diferencias entre la variación del sabor a pejibaye e intensidad del color anaranjado se definió utilizar como muestra patrón de menor intensidad un queque seco elaborado solo con harina de trigo. El patrón con mayor intensidad del color anaranjado y sabor a pejibaye consistió en un queque seco sustituido con un 35% de harina de pejibaye.

La dureza de los queques, definida como el esfuerzo necesario para partir los queques con los dientes frontales, se estableció entre la dureza que presenta un queque espumoso relleno de crema pastelera, el cual presentaba una dificultad mínima al morder, y un queque

seco almacenado dos días anteriores a la prueba en refrigeración, lo que genera una dureza superior a la de un queque seco fresco.

Para el grado de boronosidad se definió que la misma muestra de queque seco almacenado en refrigeración durante dos días, generaba una sensación de una masa compacta al consumirlo, por lo que se especificó como un queque poco boronoso. De igual forma al observar las diferentes muestras, se encontró que al tener una cantidad mínima de harina de pejibaye se producía un queque poco compacto, por lo tanto se elaboró un queque seco con 5% de sustitución con harina de pejibaye y al consumirlo se encontró que era poco compacta y se le definió como la muestra de referencia más boronosa.

El método de panificación empleado fue igual para elaborar todas las muestras, con el fin de que los factores de tiempo y temperatura de cocción, volumen y pesos de ingredientes no introdujeran variaciones al comparar los diferentes productos.

En el Cuadro 4.12 se presenta el ANDEVA aplicado a los valores obtenidos en los paneles de caracterización de los queques con diferentes porcentajes de sustitución de harina de pejibaye, en él se muestra que no se encontró una diferencia significativa ($p>0.05$) en el grado de boronosidad para los queques con diferente concentración de pejibaye en la premezcla. Sin embargo, hay diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) entre los queques producidos con diferentes grados de sustitución para las características de color anaranjado, sabor a pejibaye y dureza.

Cuadro 4.12. Resultado del análisis de varianza de las variaciones del color, sabor, boronosidad y la dureza de los queques al variar el porcentaje de harina de pejibaye.

Característica	g.l	Valor F	Probabilidad asociada
Color	3	34.42	0.000*
Sabor	3	10.30	0.000*
Boronosidad	3	0.40	0.7499
Dureza	3	4.996	0.033*

* Efecto estadísticamente significativo al 5% de confianza.

4.7.2. Intensidad del color

Una vez determinada la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras respecto a la intensidad de color anaranjado al variar el porcentaje de sustitución de la harina de pejibaye sobre la harina de trigo, se procedió a determinar entre cuales queques se

localizaban dichas diferencias por medio del análisis de Tukey, descrito en el Cuadro 4.13. Este análisis mostró que cada uno de los queques provenientes de las cuatro premezclas son diferentes.

Cuadro 4.13. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de color anaranjado en los queques con harina de pejibaye.

Sustitución con pejibaye	Intensidad de color (mm)
10	42.86[a]
15	52.76[b]
20	64.24[c]
25	75.68[d]

a, b, c, d: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

Por tanto, se pudo constatar que el color de los queques depende directamente del contenido de harina de pejibaye en la premezcla, es decir, la intensidad del color anaranjado aumenta al aumentar el contenido de harina de pejibaye en la formulación. La mayor diferencia de color se observó entre la muestra con un porcentaje de sustitución del 25% y la que contenía 10%, siendo éste último el que presentaba un color menos anaranjado.

4.7.3. Intensidad del sabor

En el análisis de Tukey del Cuadro 4.14, se aprecia que no existen diferencias significativas entre las muestras con una diferencia de sustitución de 5%, pero cuando esta es de un 10% la diferencia es significativa. Por consiguiente la intensidad más alta del sabor del pejibaye se da cuando la sustitución es de un 25% y el sabor más tenue fue el de la muestra con 10% de sustitución.

Cuadro 4.14. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de sabor a pejibaye en los queques con diferentes porcentajes de harina de pejibaye.

Sustitución con pejibaye	Intensidad de sabor (mm)
10	40.34[a]
15	53.06[a, b]
20	56.44[b, c]
25	69.44[c]

a, b, c: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

4.7.4. Textura

En este estudio los dos parámetros de textura que se analizaron fueron la consistencia boronosa y la dureza de los queques. Con respecto a la boronosidad, como se mencionó anteriormente, no se encontraron diferencias entre los cuatro queques analizados.

Respecto a la dureza, tal como lo demostró el análisis de Tukey del Cuadro 4.15, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los queques elaborados con premezclas que tenían una sustitución del 10, 15 y 20% de harina de pejibaye., solamente el queque con sustitución del 25% fue diferente al resto de las muestras.

Cuadro 4.15. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el análisis de intensidad de dureza en los queques con harina de pejibaye.

Sustitución con pejibaye	Intensidad de dureza
10	31.32[a]
15	34.40[a]
20	35.76[a]
25	50.56[b]

a, b: grupos homogéneos.
Entre los promedios con diferentes superíndices existe diferencia significativa ($p<0.05$).

De acuerdo a los datos obtenidos se pudo observar que cuando se utilizó en la premezcla porcentajes de sustitución de harina de pejibaye del 25% o más sobre la harina de trigo se genera un incremento de la dureza de los queques obtenidos.

La naturaleza de estas pruebas no permitió determinar el grado de preferencia hacia una de las cuatro formulaciones, por tal razón se procedió a elaborar un estudio de agrado general para determinar la formulación de mayor aceptación por parte de los consumidores.

4.8. ESTUDIO DEL AGRADO GENERAL DE LOS QUEQUES ELABORADOS CON HARINA DE PEJIBAYE.

El estudio de aceptación general de los cuatro queques elaborados con diferentes sustituciones de harina de pejibaye, indicó que al ser los rangos entre las diferentes muestras inferiores al rango crítico, se obtiene que no existen diferencias significativas ($p>0.05$) en agrado entre los queques elaborados con diferentes grados de sustitución de la harina de trigo con harina de pejibaye.

Cuadro 4.16. Suma de calificaciones para las cuatro muestras evaluadas.

Porcentaje de sustitución	Suma de calificaciones
10	334
15	331
20	326
25	342

De tal manera que al sustituirse la harina de trigo desde un 10 hasta un 25% con harina de pejibaye, la evaluación estadística determinó que no se presentó una preferencia notable hacia alguna de las formulaciones por parte de los consumidores. Es importante destacar que en la preparación de la premezcla se puede utilizar concentraciones de hasta un 25% de sustitución con el fin de generar un mayor aprovechamiento en la premezcla de la harina de pejibaye elaborada.

Con este contenido de harina de pejibaye algunos consumidores (10 %) detectaron una ligera sensación astringente residual, lo cual puede ser interesante analizar en estudios posteriores.

En un estudio realizado por Martínez (1983), sobre la sustitución de harina de trigo con harina de maíz en productos de panificación, se determinó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos con 5 y 10% de maíz., no sucediendo lo mismo al sustituir la harina de trigo con harina de soya donde se presentan diferencias al 1%, entre sustituciones del 3, 6 y 10%. Similarmente, Herrera (1981) determinó que la galleta dulce popular en Costa Rica puede tener hasta un 30% de sustitución de harina de arroz y tener una buena aceptación por parte de los consumidores.

En resumen, ya con anterioridad se ha comprobado que sustituciones parciales de harina de trigo con otro tipo de harina son aceptados por los consumidores o bien, no detectan una diferencia extrema en comparación con el producto original.

5. CONCLUSIONES

- Los frutos del pejibaye se pueden almacenar en refrigeración (5° C) por un período de cinco días, siendo más lenta la degradación del color y del olor del fruto con respecto al pejibaye almacenado a temperatura ambiente. Además con estas condiciones se puede disponer de una materia prima con mayor uniformidad en la calidad para su uso posterior en los procesos de deshidratación.

- El pejibaye cortado con una apertura en la cuchilla de 0.25 cm y colocado uniformemente en cargas en bandejas de 6,14 kg/m^2, permite obtener deshidrataciones homogéneas y en un tiempo comparable al que requiere cargas menores.

- Se comprobó que el tiempo final de deshidratación del pejibaye no depende del efecto combinado entre las variables de temperatura, humedad y velocidad del aire caliente.

- Mientras mayor es la temperatura y la velocidad del aire de secado, menor es el tiempo final de deshidratación mientras que a mayor humedad del aire de secado mayor el tiempo de secado del pejibaye.

- El tratamiento más apropiado para la deshidratación del pejibaye es el que tiene como condición una temperatura del aire de 70° C, una humedad de 12 kg de agua/kg aire seco y una velocidad de 2.5 m/s.

- El color del pejibaye deshidratado no se vio afectado por los diferentes tratamientos estudiados.

- La harina de pejibaye presenta una pérdida de color pronunciada y un olor a rancio que la hace inaceptable sensorialmente a los 45 días de almacenamiento a 45° C y a los 60 días de almacenamiento a 37° C.

- La molienda del pejibaye deshidratado, utilizando una malla de 0.084 cm, permite obtener una harina fina, con una distribución de partículas uniforme y adecuada para elaborar premezclas para queques.

- Se dan diferencias significativas ($p<0.5$) entre el color, sabor y dureza de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de la harina de trigo con harina de pejibaye. Donde la intensidad del color y sabor aumenta al presentarse un mayor contenido de harina de pejibaye y la mayor dureza de la miga se obtiene con un 25% de sustitución.

- La evaluación de agrado general sensorial de los queques por parte de los consumidores no destaca a ninguna formulación como diferente a las otras, por lo que es posible elaborar premezclas para queques con harina de pejibaye hasta con un 25% de sustitución de harina de pejibaye, sin afectar significativamente las características organolépticas deseadas por un consumidor común.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos productos con la harina de pejibaye, por ejemplo: cremas, galletas, o bien como un colorante natural para algunos platillos, con el fin de aumentar el consumo de este producto en la dieta del costarricense.

- Desarrollar un estudio de vida útil del producto para poder establecer el período de almacenamiento de la harina.

- Realizar un estudio de evaluación sensorial con panelistas entrenados para identificar la sensación astringente que algunos consumidores detectaron al utilizar sustituciones de harina de trigo con harina de pejibaye.

- Realizar un estudio de granulometría de la harina de pejibaye donde se pueda definir el tamaño de partícula apta para diferentes procesos, tales como: panificación o repostería.

7. BIBLIOGRAFIA

ALFARO, I. 1988. Elaboración de harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) para consumo animal. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos, San José.

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15 ed. Virginia.

AOAC. 1975. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 12 ed. Washington, USA. pp 485-517.

ARIAS, L. 1976. Contribución al conocimiento del estado actual de las harinas compuestas en varios países Latinoamericanos. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos, San José.

BARRERA, E. 1985. Obtención de dos tipos de harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) en su posible utilización como sucedáneo del trigo en planificación. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos.

BIMBENET, J.J, DAUDIN, J.D & WOLF,E. 1984. Air drying kinetics of biological particles. In proceeding fourth international drying simposium, Kyoto.

BLANCO, A. 1992. Pejibaye: Recetas, valor nutritivo, conservación e industrialización. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.

BRENNAN, J.G., BUTTERS, J.R., COWELL, N.D. & LILLY, A.E. 1998. 3 ed. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Acribia, Zaragoza.

BUSTAMANTE, M. 1994. Cómo determinar condiciones óptimas de secado de alimentos con aire caliente. Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos. MAG-UCR.

CALDERON; R. 1988. La panadería. Litografía Cosmos, San José.

CAMACHO, E. 1971. El pejibaye como un alimento potencial de gran importancia para las familias campesinas de los trópicos húmedos. IICA-CEI, Turrialba.

CATIE, 1983. El pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) origen, biología floral y manejo agronómico. Informe de la reunión de consulta organizada por FAO y CATIE, Palmeras poco utilizadas en América Tropical, Turrialba.

CHEFTEL, J; CHEFTEL, H & BESACON, P. 1977. Introducción a la bioquímica y a la tecnología de alimentos. Acribia, Zaragoza, V.2

CITA, 1984. Utilización de harina de maíz en panificación. Universidad de Costa Rica, San José.

CITA, 1987. Resumen ejecutivo del pejibaye. Universidad de Costa Rica, San José.

CIPRONA, 1986. Aprovechamiento Industrial del pejibaye (*Bactris gasipaes*). Universidad de Costa Rica, San José.

DIBARI, F. 1997. Ecological Flour with pupunha. Intermediate Technology Food Chain (20) pp 7-8.

DESROSIER, N. 1995. Conservación de alimentos. Continental, México.

FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas. Acribia, Zaragoza.

FERNÁNDEZ, M. 1988. Definición de las características químico-nutricionales de cuatro poblaciones de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K). Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos, San José.

FERNÁNDEZ, M. BLANCO, A. MONTERO, M & MORA-URPÍ, J. 1992. Pejibaye palm fruit Contribution to human nutrition. Principes, San José, Costa Rica, 36:2.

FLINK, J. 1977. Energy analysis in dehydration processes. Food technology

GALLARDO, M & SIERRA, C. 1980. Condiciones óptimas de secado para la obtención de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K). Tesis de Ing. Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Cali.

GÓMEZ, G. 1990. Desarrollo y evaluación de un alimento infantil a base de pejibaye (*Bactris gaisapes*). Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de Costa Rica, Escuela de Nutrición, San José.

GÓMEZ, G. 1997. Factores antinutricionales del pejibaye (*Bactris gasipaes*). Efecto sobre el crecimiento y diferentes parámetros bioquímicos en ratas jóvenes. Tesis Magister Scientiae en Ciencias Biomédicas. Universidad de Costa Rica, San José.

GUTIÉRREZ, R. 1988. Extracción, caracterización, y evaluación de almidón de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) en productos alimenticios. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos, San José.

HERNÁNDEZ, L. 1987. Valoración nutritiva de la harina de pejibaye (*Bactris gasipaes*) obtenida mediante el secado a través de aire forzado y tratada por autoclave en dietas para pollos de engorde. Tesis Lic. en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, San José.

ITDG. 1998. Libro de consulta sobre tecnologías aplicadas al ciclo alimentario. técnicas de secado. Intermediate Technology Development Group, Perú.

JERROT, H. 1996. Bioestatistical Analysis. 3 ed. Prentice Hall, New Jersey.

LEWIS; M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Acribia, Zaragoza.

MAYORGA, H. 1972. Seminario sobre tecnología de las frutas tropicales. ICAITI. Guatemala.

MATISSEK, R. SCHNEPEL, F & STEINER, G. 1998. Análisis de los alimentos. Acribia. Zaragoza.

MORA-URPÍ, J., SZOTT, L.T., MURILLO, M. & PATIÑO, V.M. 1993. IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e industrialización del Pijuayo Iquitos - Perú. Universidad de Costa Rica, San José.

MURILLO, M & ZUMBADO, M. 1987. Composición química y valor nutritivo de la harina de pejibaye en la alimentación de las aves. UCR-CONICIT, San José.

NEWELL, G.J. & MacFARLANE, J.D. 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. Journal of Food Science 52(6): 1721-1725.

PEDRERO, D. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Alhambra, México.

PINEDA, M. 1993. Desarrollo de un producto deshidratado a partir de Coco (*Cocosnucifera Linn*) Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos, San José.

QUAGLIA, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. Acribia, Zaragoza.

SÁENZ, M. 1992. Cosecha y empaque de pejibaye como fruta fresca. Boletín Pejibaye 4:1.

SULTAN; W. 1983. The Pastry Chef. AVI West Port, Connecticut.

TORRES; A. 1985. Fabricación de productos de panadería. CONICIT, San José.

SIEGEL, S. 1978. Estadística no paramétrica. TRILLAS, México.

VAN ARSDEL, W.B, COPLEY, M.J & MORGAN, A.I. 1973. Food dehydratation. 2 ed. AVI. Connecticut.

WATTS, B:, Ylimaki, G, Jeffery, L & Elías, L.. 1992. Métodos sensoriales básicos. CIID, Ottawa.

ZAPATA, A. 1978. Notas sobre el valor alimenticio del chontaduro. Boletín informativo. s.l.

APÉNDICE

APÉNDICE A. VALORES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO DE PEJIBAYE.

Cuadro A.1. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración para el pejibaye fresco.

Nº Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.5	4.4	4.5	5.0	1.8	1.8
2	3.2	3.3	3.1	3.3	1.0	1.0
3	2.8	2.9	3.2	2.7	1.1	1.0
4	2.5	2.7	3.0	3.0	1.0	1.2
5	2.9	3.0	3.2	2.8	0.9	0.9
6	4.1	4.5	4.5	4.9	1.1	1.9
7	4.5	4.5	4.3	4.2	2.0	2.1
8	3.2	2.9	3.2	3.0	1.1	1.0
9	2.5	3.1	2.7	2.7	0.8	0.8
10	3.3	2.9	3.1	3.0	1.0	0.9

Cuadro A.2. Características organolépticas del pejibaye fresco.

Color	Olor
El color de la cáscara es rojo fuerte con un poco de brillo. La pulpa presenta colores que van desde anaranjado fuerte hasta un color rojo zapote. Algunos presentan pequeñas manchas negras.	El olor es suave en unos casos y más intenso en otros. El olor es agradable en todos los casos.

Cuadro A.3. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el primer día de almacenamiento del pejibaye a 23° C.

Nº Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.8	4.1	2.5	2.3
2	3.5	3.4	2.0	2.1
3	3.9	3.9	2.4	2.0
4	3.8	3.5	2.3	1.8
5	3.2	3.5	2.3	1.9
6	3.8	3.6	2.7	2.1
7	3.2	3.3	2.0	1.6
8	3.4	3.3	1.7	1.7
9	3.3	3.6	2.1	1.8
10	3.4	3.4	2.1	1.7

Cuadro A.4. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante un día a 23° C.

Color	Olor
El color de la cáscara es rojo fuerte sin el brillo del fruto fresco. La pulpa presenta el mismo color del fruto fresco. Las manchas negras son más marcadas y algunos presentan pequeñas manchas blancas, lo que sugiere la presencia de mohos.	El olor igual al del pejibaye fresco pero menos intenso. El olor sigue siendo agradable en todos los casos.

Cuadro A.5. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el primer día de almacenamiento del pejibaye a 5° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.0	3.0	1.1	1.2
2	3.3	3.0	1.2	1.2
3	3.1	3.4	1.9	1.3
4	2.8	3.0	1.1	1.2
5	3.5	3.1	1.5	1.3
6	3.2	2.8	1.0	1.0
7	3.1	3.2	1.2	1.3
8	3.1	3.1	1.0	1.1
9	3.0	2.8	1.4	1.2
10	3.0	2.8	1.0	1.2

Cuadro A.6. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante un día a 5° C.

Color	Olor
El color de la cáscara es rojo fuerte con el brillo del fruto fresco. La pulpa presenta un color menos intenso que el del fruto fresco.	El olor igual al del pejibaye fresco. El olor sigue siendo agradable en todos los casos.

Cuadro A.7. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el segundo día de almacenamiento del pejibaye a 23° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.5	3.6	2.1	2.3
2	3.3	3.2	1.9	2.3
3	3.6	3.6	2.3	2.2
4	3.3	3.3	2.1	2.0
5	3.6	3.3	2.4	2.4
6	3.5	3.3	2.5	2.8
7	3.5	3.3	2.4	2.3
8	3.7	3.8	2.8	2.1
9	3.6	3.7	2.3	2.3
10	3.4	3.3	2.0	1.7

Cuadro A.8. Características organolépticas del pejibaye almacenado dos días a 23° C.

Color	Olor
Cáscara: el color rojo fuerte se va sustituyendo por un rojo marrón. Se siguen apareciendo pequeñas manchas blancas pero no en mayor cantidad. Las manchas negras son iguales. Pulpa: se mantiene igual cerca de la cáscara, más claro alrededor de la semilla.	El olor es mucho menor que el del día 22/8/00, se necesita una mayor aspiración para detectarlo.

Cuadro A.9. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el segundo día de almacenamiento del pejibaye a 5° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.5	3.3	1.6	1.4
2	3.6	3.5	1.4	1.6
3	3.0	2.9	1.3	1.4
4	3.4	3.2	1.4	1.3
5	3.4	3.3	1.4	1.5
6	3.3	3.1	1.4	1.6
7	3.0	3.0	1.4	1.3
8	3.1	3.0	1.3	1.2
9	3.3	3.0	1.4	1.4
10	3.3	3.4	1.4	1.2

Cuadro A.10. Características organolépticas del pejibaye almacenado dos días a 5° C.

Color	Olor
Cáscara: el color intenso disminuye a un rojo con anaranjado fuerte. Pulpa: mayor pérdida de color alrededor de la cáscara y la semilla, sonde se forma un aro de color amarillo fuerte. Algunas partes del tejido dañado, quebradizo al partir (posible acumulación de almidón ó golpe).	Es más intenso que los almacenados a temperatura ambiente.

Cuadro A.11. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el tercer día de almacenamiento del pejibaye a 23° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.1	3.0	2.5	2.1
2	3.6	3.5	2.4	2.3
3	3.1	3.4	2.1	2.6
4	2.9	2.8	2.1	1.9
5	3.2	3.2	1.8	2.4
6	3.3	3.6	2.2	2.1
7	3.4	3.4	2.3	2.3
8	3.1	2.9	2.4	2.1
9	3.4	3.3	2.4	2.3
10	3.1	3.5	1.9	2.7

Cuadro A.12. Características organolépticas del pejibaye almacenado tres días a 23° C.

Color	Olor
Cáscara: se mantiene igual. Pulpa: color anaranjado pálido, algunos sectores amarillos oscuro. Se aprecia la presencia de hongos en dos casos dentro de la pulpa hasta la semilla.	Muy tenue.

Cuadro A.13. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el tercer día de almacenamiento del pejibaye a 5° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.3	3.4	1.4	1.4
2	3.4	3.4	1.6	1.7
3	3.5	3.4	1.6	1.5
4	3.5	3.2	1.6	1.6
5	3.3	3.1	1.4	1.3
6	3.4	3.2	1.4	1.6
7	3.1	3.1	1.5	1.3
8	3.5	3.4	1.6	1.4
9	3.3	3.3	1.7	1.5
10	3.4	3.2	1.3	1.7

Cuadro A.14. Características organolépticas del pejibaye almacenado tres días a 5° C.

Color	Olor
Pulpa: más intenso el color del pejibaye que el de los pejibayes a T.A. Aro clara al rededor de la semilla. No hay mucho daño. Cáscara: el rojo marrón es un rojo vivo (como un anaranjado muy fuerte).	Se siente menos intenso.

Cuadro A.15. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el cuarto día de almacenamiento del pejibaye a 23° C.

N° Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.5	3.2	2.4	2.5
2	3.4	3.4	2.9	2.4
3	3.5	3.6	2.4	2.2
4	3.5	3.3	2.4	2.1
5	2.9	3.3	2.1	2.5
6	3.6	3.6	1.9	2.3
7	3.4	3.2	2.8	2.5
8	3.4	3.4	2.4	2.8
9	3.5	3.4	2.1	2.2
10	3.4	3.3	2.9	2.2

Cuadro A.16. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 23° C.

Color	Olor
Cáscara: no se modificó el color con respecto al día anterior. Pulpa: color igual al día anterior, se encontraron varios frutos descompuestos.	Se presentan algunos olores anormales.

Cuadro A.17. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el cuarto día de almacenamiento del pejibaye a 5° C.

Nº Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.2	3.2	1.5	1.6
2	2.9	3.2	1.2	1.4
3	3.1	3.0	1.6	1.5
4	3.0	3.2	1.4	1.5
5	3.1	2.8	1.4	1.5
6	3.5	3.4	1.3	1.7
7	3.6	3.0	1.3	1.3
8	2.9	3.3	1.3	1.5
9	3.4	3.5	1.8	1.6
10	3.2	3.4	1.6	1.3

Cuadro A.18. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 5° C.

Color	Olor
Pulpa: color rosado pálido (papaya con leche). Cáscara: no se modificó, algunos presentan sectores dañados.	Olor diferente al fresco, poco pronunciado.

Cuadro A.19. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el quinto día de almacenamiento del pejibaye a 23° C.

Nº Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	3.2	3.3	2.7	2.6
2	3.4	3.7	2.3	2.4
3	3.3	3.6	2.6	2.4
4	3.5	3.4	2.3	2.8
5	3.1	3.3	2.3	2.6
6	3.5	3.5	2.4	2.2
7	3.1	3.5	2.7	2.5
8	3.4	3.3	2.3	2.2
9	3.3	3.5	2.8	2.5
10	3.2	3.5	2.8	2.6

Cuadro A.20. Características organolépticas del pejibaye almacenado durante cuatro días a 23° C.

Color	Olor
Pulpa: más amarillo a cubierto lo anaranjado fuerte. Cáscara: igual color que el día anterior, se observan hongos en la cáscara y en la base principalmente.	Algunos presentan olor desagradable se escogieron los pejibayes más sanos.

Cuadro A.21. Valores de la fuerza de corte y la fuerza de penetración en el quinto día de almacenamiento del pejibaye a 5° C.

Nº Muestra	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de corte (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)	Fuerza de penetración (kg/cm^2)
1	2.9	2.8	1.3	1.3
2	3.3	3.2	1.5	1.4
3	3.2	3.2	1.7	1.6
4	3.4	3.1	1.4	1.4
5	3.0	3.1	1.4	1.6
6	3.2	3.1	1.6	1.4
7	3.0	3.0	1.5	1.7
8	3.3	3.2	1.3	1.5
9	3.3	3.3	1.4	1.2
10	3.4	2.9	1.6	1.4

Cuadro A.22. Características organolépticas del pejibaye almacenado cuatro días a 5° C.

Color	Olor
No se observa un cambio marcado del color del día anterior. La cáscara presenta varios daños o golpes, algunos con manchas negras.	Tenue, diferente al pejibaye fresco.

APÉNDICE B. VALORES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS DURANTE LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REPETICIONES PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN.

Cuadro B.1. Color de las muestras decoloradas en la estufa.

Tiempo (Horas)	L	a	B
0	64.2	10.64	35.99
0.5	64.52	11.49	36.43
1	64.14	11.41	36.32
1.5	62.33	11.17	35.32
2	63.70	11.30	35.75
2.5	63.56	10.98	35.66
3	63.5	11.45	35.79
3.5	64.55	11.03	35.88
4	63.2	9.56	34.22
4.5	63.61	10.27	35.09
5	63.38	9.94	34.37

Cuadro B.2. Valores de b de las muestras, para determinar la mínima diferencia detectada por los panelistas, en el pejibaye deshidratado

Muestra	Valor b
1	39.24
2	38.28
3	37.42
4	38.66
5	39.07
6	38.44
7	38.50
8	38.58
9	38.78
10	38.10
11	39.59
12	38.37
13	37.27
14	37.83
15	38.37
16	38.05
17	38.62
18	37.77
19	38.01
20	38.43

APÉNDICE C. ESTUDIO DE DESHIDRATACIÓN.

C.1. Repeticiones de las cinéticas de secado del pejibaye.

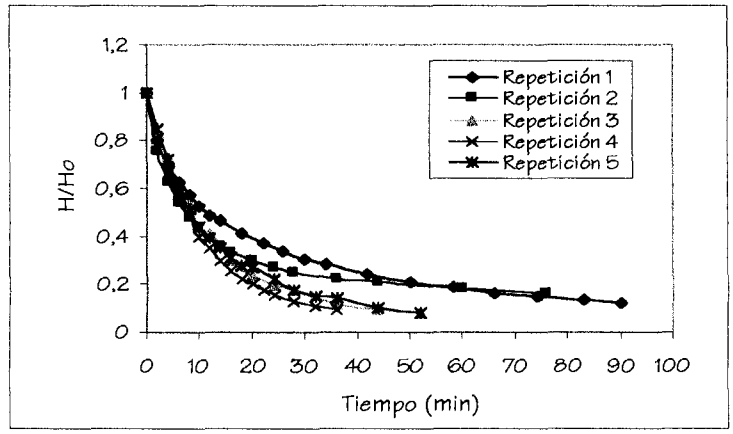


Figura C.1. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s.

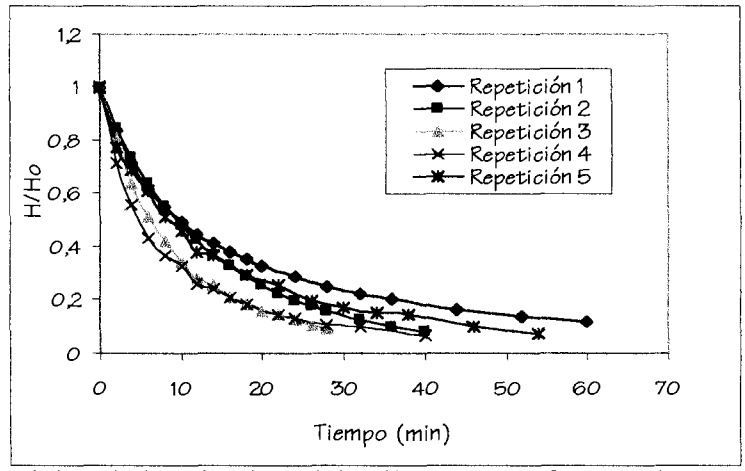


Figura C.2. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s.

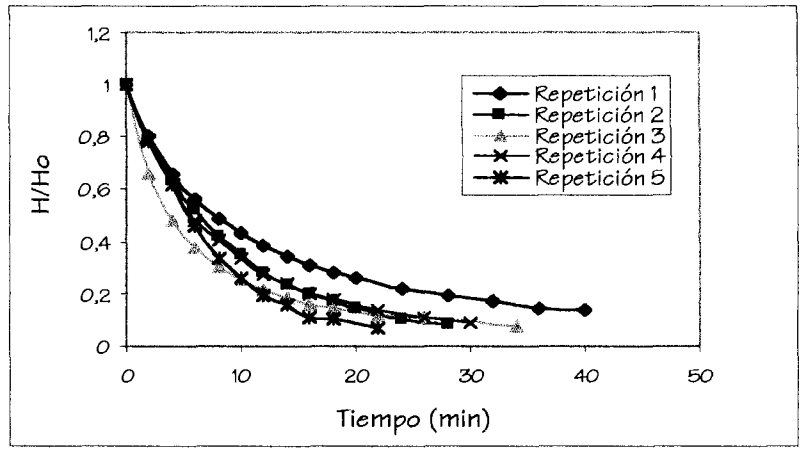


Figura C.3. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 1.0 m/s y 12 g agua/kg a.s.

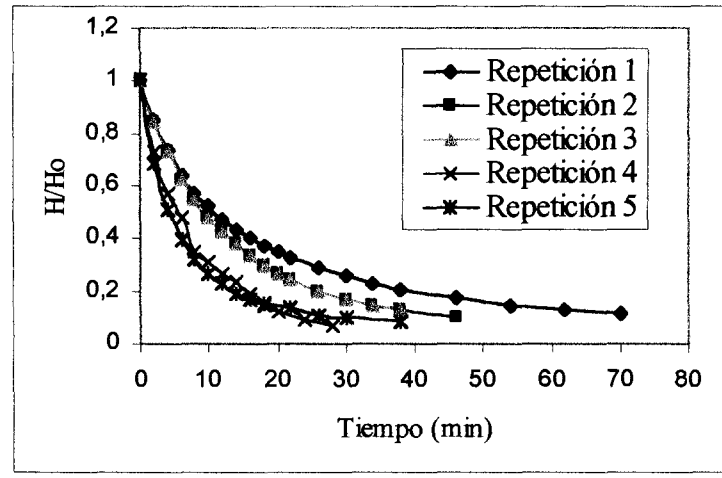


Figura C.4. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s.

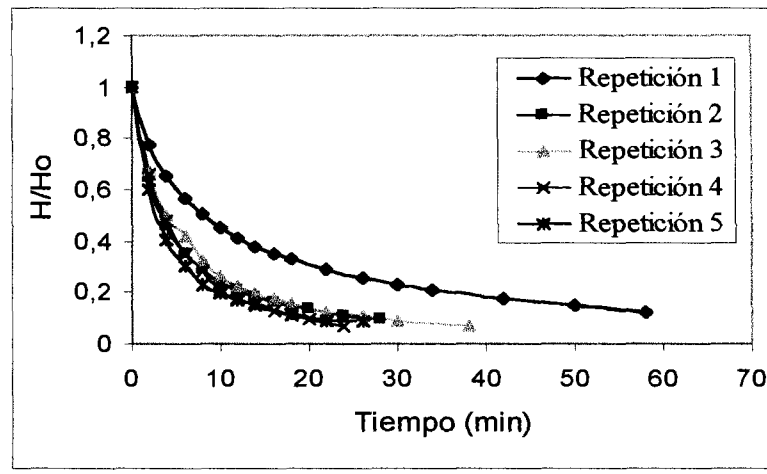


Figura C.5. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s.

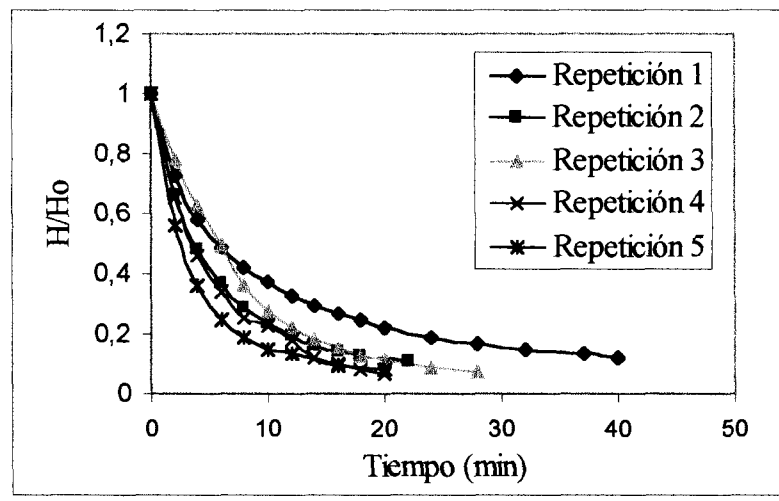


Figura C.6. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 2.5 m/s y 12 g agua/kg a.s.

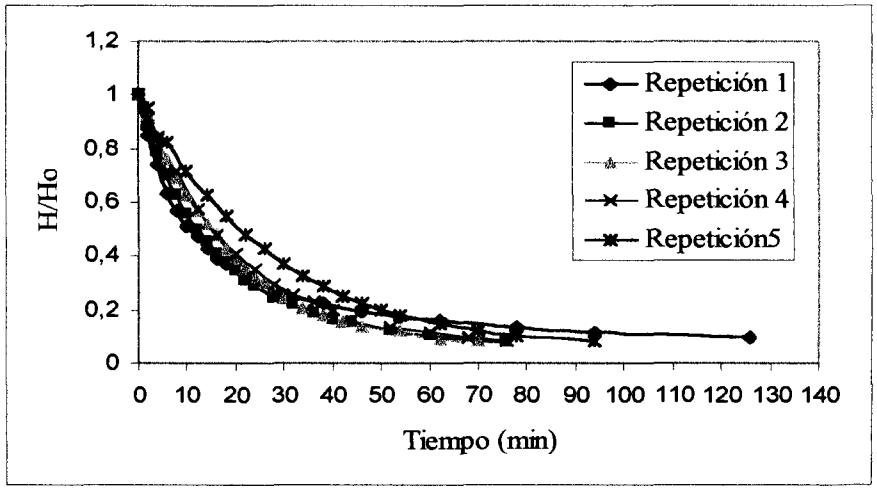


Figura C.7. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s.

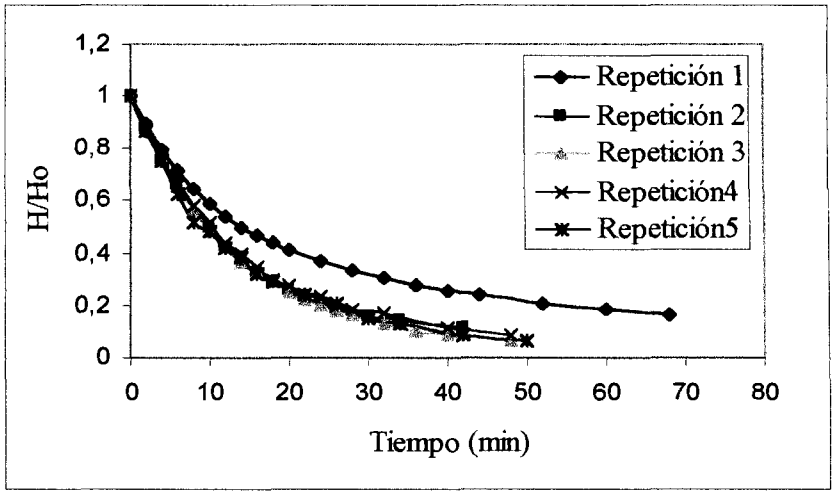


Figura C.8. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s.

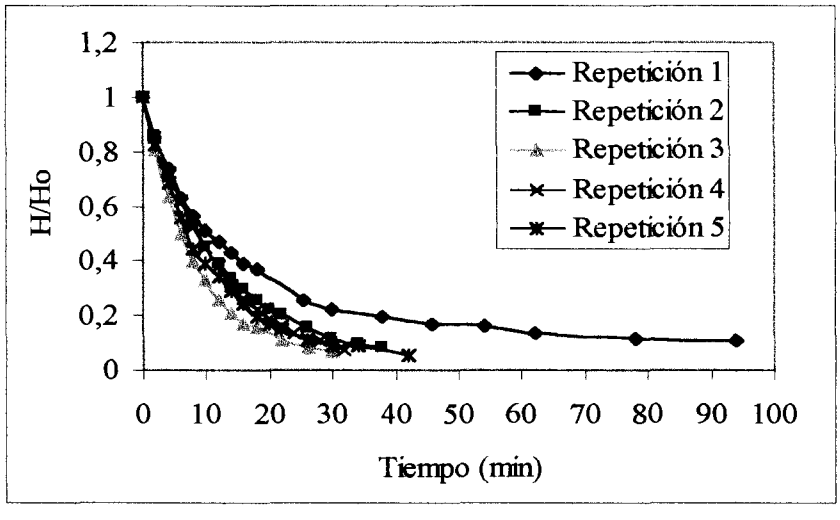


Figura C.9. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 1.0 m/s y 55 g agua/kg a.s.

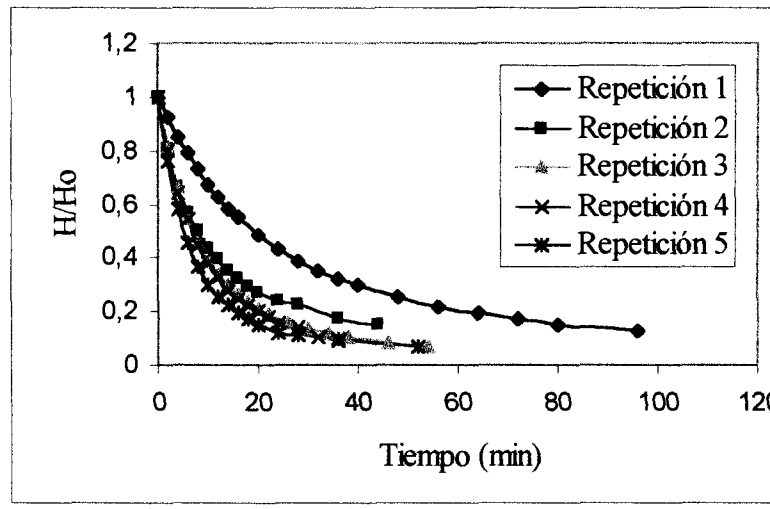


Figura C.10. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 60° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s.

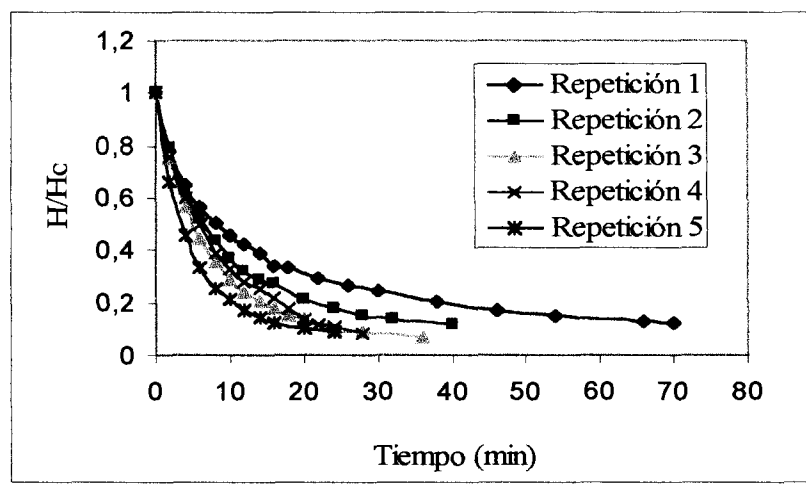


Figura C.11. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 70° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s.

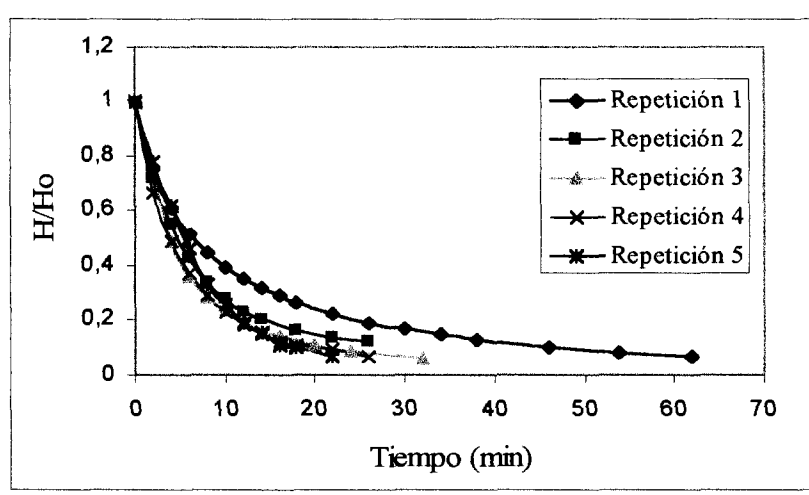


Figura C.12. Repetición de las cinéticas del pejibaye a 80° C, 2.5 m/s y 55 g agua/kg a.s.

C.2. Características del pejibaye deshidratado según tratamiento aplicado.

Cuadro C.1. Tiempo final de deshidratación y valores de los parámetros de color para el pejibaye deshidratado según el tratamiento aplicado.

Tratamiento	Repetición	Tiempo (min)	L	a	b
60° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	94,53	60,27	15,88	35,02
	2	82,72	54,04	21,73	33,33
	3	47,17	57,1	17,14	34,67
	4	35,98	62,08	15,03	37,4
	5	46,52	61,16	16,39	36,8
70° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	61,7	60,16	15,59	34,85
	2	34,41	55,61	21,74	34,07
	3	31,47	60,06	16,73	35,86
	4	32,77	62,05	14,28	36,61
	5	45,7	60,77	16,9	36,64
80° C, 1.0 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	45,87	90,85	15,55	35,24
	2	23,72	56,24	21,24	34,38
	3	28,58	60,59	17,26	36,34
	4	29,77	62,71	15,18	37,49
	5	15,28	61,05	17,13	36,96
60° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	68,36	58,78	15,38	34,12
	2	40,64	52,74	20,74	31,89
	3	33,69	59,02	16,42	35,04
	4	25,41	62,64	13,64	37,04
	5	29,21	58,22	16,11	35,29
70° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	62,51	59,33	15,39	34,41
	2	22,63	54,1	22,05	33,55
	3	30,59	58,43	16,31	34,75
	4	20,74	62,38	12,91	36,61
	5	20,93	58,72	16	35,42
80° C, 2.5 m/s, 12 g agua/kg aire seco	1	41,35	61,64	15,28	35,56
	2	19,19	56,5	22,16	35,1
	3	24,38	59,52	16,45	35,46
	4	17,74	62,07	14,19	36,83
	5	15,74	59,1	16,19	35,79

Cuadro C.1. Continuación.

Tratamiento	Repetición	Tiempo (min)	L	a	b
60° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	107,12	57,41	17,14	34,1
	2	55,87	53,99	20,93	32,64
	3	65,38	57,83	17,54	34,77
	4	70,94	58,3	15,63	35,05
	5	80,87	59,98	16,24	36,07
70° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	93,96	57,32	16,63	34,12
	2	38,84	53,8	21,57	32,65
	3	41,85	57,65	18,13	34,76
	4	47,21	61,06	15,31	36,63
	5	39,99	60,6	16,43	36,21
80° C, 1.0 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	87,76	58,19	16,73	34,21
	2	31,42	54,93	20,88	33,04
	3	26	59,04	17,29	35,45
	4	31,07	60,82	15,23	36,32
	5	29,83	60,02	16,29	36,05
60° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	101,93	58,93	10,9	32,47
	2	43,86	54,02	20,86	32,74
	3	43,77	58,82	16,82	35,15
	4	36,82	60,86	13,8	35,78
	5	34,71	57,37	15,73	34,52
70° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	85,76	58,92	14,96	33,74
	2	35,94	54,53	20,57	32,92
	3	28,82	57,87	17,31	34,62
	4	27,35	61,87	13,65	36,28
	5	19,92	58,51	15,64	35,13
80° C, 2.5 m/s, 55 g agua/kg aire seco	1	46,47	59,53	15,1	34,18
	2	24,14	54,66	20,97	33,37
	3	25,82	58,82	16,82	35,15
	4	21,83	62,31	13,51	36,71
	5	18,21	58,7	15,42	35,15

APÉNDICE D. ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE LA HARINA DE PEJIBAYE.

D.1. Hoja de evaluación sensorial de la harina de pejibaye utilizado en el estudio de almacenamiento acelerado.

Nombre:_____ Fecha: _____

Evaluación sensorial de la harina de pejibaye
CARACTERÍSTICA: Color

A continuación se le presentan dos muestras de harina de pejibaye. Observe las muestras y compárelas con la referencia, señale con una X al lado del código la muestra o muestras que considera diferente.

Por favor, describa la diferencia que observa.

Código

_____

_____

Observación:_____

Evaluación sensorial de la harina de pejibaye
CARACTERÍSTICA: Olor

A continuación se le presentan dos muestras de harina de pejibaye. Huela las muestras y compare el olor percibido con la referencia, señale con una X al lado del código la muestra que considera diferente.

Por favor, describa la diferencia que detecta.

Código

_____

_____

Observación:_____

D.2. Valores del color de la harina de pejibaye para el estudio de almacenamiento.

Cuadro D.1. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 5° C.

Día	L		a		b	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	62.90	65.68	18.16	11.96	38.47	38.47
15	62.60	65.68	17.94	11.70	39.17	38.84
30	63.23	65.10	17.51	9.90	39.73	38.00
45	63.39	65.51	16.23	10.68	39.27	38.72
60	64.00	67.28	14.74	9.40	39.72	39.61
86	63.64	66.87	14.58	9.47	39.55	39.20

Cuadro D.2. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 37° C.

Día	L		A		b	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	62.90	65.68	18.16	11.96	38.47	38.47
15	62.10	64.93	18.37	11.37	38.87	38.54
30	62.31	65.07	17.32	10.31	32.26	38.01
45	64.21	65.23	13.64	9.19	38.48	37.31
60	69.25	67.53	4.32	5.60	37.68	36.70
86	73.08	77.03	-2.32	-2.05	28.14	22.15

Cuadro D.3. Valores de los factores de color de la harina de pejibaye durante el estudio de almacenamiento a 45° C.

Día	L		A		B	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	62.90	65.68	18.16	11.96	38.47	38.47
15	61.73	65.11	18.08	11.67	38.35	38.39
30	64.57	65.51	13.26	9.29	38.72	37.45
45	69.83	67.06	2.73	6.05	36.17	36.25
60	75.96	73.09	-2.47	-1.83	21.45	29.61
86	75.73	78.43	-2.42	-2.79	18.84	19.55

APÉNDICE E. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS QUEQUES.

E.1. Hojas de evaluación sensorial de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye.

Evaluación de queques con harina de pejibaye

Característica: Intensidad del color naranja

Nombre: _____ Fecha:_____

Por favor evalúe la intensidad del color naranja de cada una de las muestras de queque que se encuentran en el orden de presentación.

La referencia que tiene en el extremo izquierda representa la ausencia del color naranja y la referencia de la derecha es la de mayor intensidad del color naranja.

Indique para cada muestra la intensidad de color naranja observado colocando una línea vertical sobre la horizontal.

Muestra: _____

_____

Ausente Muy fuerte

Muestra: _____

_____

Ausente Muy fuerte

Muestra: _____

_____

Ausente Muy fuerte

Muestra: _____

_____

Ausente Muy fuerte

Evaluación de queques con harina de pejibaye

Característica: Intensidad del sabor a pejibaye

Nombre: _____ Fecha:_____

Por favor evalúe la intensidad del sabor a pejibaye de las muestras según el orden de presentación.

La referencia que se encuentra en el extremo izquierda representa una referencia sin sabor a pejibaye y la referencia a su extremo derecho es la muestra con sabor intenso a pejibaye.

Pruebe las muestras e indique colocando una línea vertical sobre la horizontal la intensidad del sabor a pejibaye percibido. Enjuague bien su boca entre muestras.

Muestra: _____

_____

Ausente Mucho

Muestra: _____

_____

Ausente Mucho

Muestra: _____

_____

Ausente Mucho

Muestra: _____

_____

Ausente Mucho

Evaluación de queques con harina de pejibaye

Característica: Intensidad de la dureza del queque

Nombre: _____ Fecha:_____

Por favor evalúe la dureza de cada uno de los queques que se muestran, en el orden de presentación. Compare con los puntos de referencia colocados en las bandejas. En el extremo izquierdo se encuentra la referencia de menor dureza y en el extremo derecho está la referencia de mayor dureza.

Proceda de la siguiente manera: muerda, con los dientes la muestras justo en el centro de cada porción, la dureza es la fuerza requerida para penetrar la muestra, anote su respuesta.

Una vez probada la muestra colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda a la dureza de la muestra.

Muestra: _____

_____

Poca Mucha

Muestra: _____

_____

Poca Mucha

Muestra: _____

_____

Poca Mucha

Muestra: _____

_____

Poca Mucha

Evaluación de queques con harina de pejibaye

Característica: Grado de desboronamiento del queque

Nombre: _____ Fecha:_____

Por favor evalúe la boronosidad de cada una de las muestras de queques según su orden de presentación. Compare con los puntos de referencia colocados en el extremo de cada bandeja. En el extremo izquierdo se encuentra la referencia de queque más boronoso y en el extremo derecho está el estándar poco boronoso.

Proceda de la siguiente manera: Lleve la muestra a su boca y presione esta entre la lengua y el paladar, hasta despedazar la porción de queque y convertirlo en boronas. Una miga compacta es aquella que requiere mayor fuerza para deshacer la miga.

Una vez probada la muestra colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda al grado de intensidad de desboronamiento del queque. Enjuague bien su boca entre muestras.

Muestra: _____

_____

Muy boronoso Poco boronoso

Muestra: _____

_____

Muy boronoso Poco boronoso

Muestra: _____

_____

Muy boronoso Poco boronoso

Muestra: _____

_____

Muy boronoso Poco boronoso

E.2. Datos de los paneles sensoriales de caracterización de los queques según la sustitución de harina de pejibaye.

Cuadro E.1. Caracterización de la intensidad de color anaranjado en los queques con sustitución de harina de pejibaye.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
1	56	61	61.5	81
2	35	56	50	63
3	34	50	50.5	72
4	24	61	85	100
5	20	50	72	84
6	27	47	45	60
7	41	35	96	58
8	65	63	49	82
9	61	54	72	92
10	48	56	71	83
11	43	57	51	52
12	48	51	67	86
13	25	45	46	73
14	10	52	58	67
15	38	62	60	89
16	57	37	43	35
17	16	26	46	52
18	53	46	79	88
19	26.5	36	46	85.5
20	62	72	74	85.5
21	33	56	71	100
22	49	50	55	54
23	57	78	73	79
24	63	68	85	99
25	50	50	100	81

Escala: 0 = valor menos intenso, 100 = valor más intenso

Cuadro E.2. Caracterización de la intensidad de sabor a pejibaye en los queques con sustitución de harina de pejibaye.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
1	56	78	40	51
2	38	45	57	33
3	62	74	53	68
4	74	100	65	100
5	33	35.5	84	71
6	67	28.5	63	65
7	52	52	72	59
8	35	49	27	100
9	40.5	42	44	67
10	45	15.5	53	49
11	22	23	31	32
12	27	62	47	73
13	27	57	94	82
14	58	66	69	73
15	52	76	86	64
16	43	27	20	62
17	37	58.5	52	72
18	0	12	87.5	78
19	0	5	20	32.5
20	71	29	46	96
21	0	83.5	44	70
22	35	78	48.5	65.5
23	78	75	76	90
24	28	62	62	83
25	26	90	70	100

Escala: 0 = valor menos intenso, 100 = valor más intenso

Cuadro E.3. Caracterización de la intensidad del grado de boronosidad en los queques sustituidos con harina de pejibaye.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
1	51	38	25	66
2	11	58	19	40
3	42	10	35	72
4	99	25	0	0
5	15	9	14	26
6	21	44	28	65
7	9	2	40	14
8	74	7	52	6
9	31	6	30	16
10	10	3	42	58
11	40.5	36	11	43
12	49	0	33	24
13	26	16	36	7
14	47.5	43	56	32
15	32	33	17	38
16	18	31	28	1
17	13	7	17	45
18	79	43	14	13
19	46	37	60	46
20	60	76	59	0
21	0	100	25	27
22	100	58	0	40
23	21	18	69	16
24	25	25	28	40
25	7	14	54	73

Escala: 0 = valor menos intenso, 100 = valor más intenso

Cuadro E.4. Caracterización de la intensidad de la dureza en los queques sustituidos con harina de pejibaye.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
1	50	47	27	30
2	65	26	48	21
3	50	39	64	50
4	50	0	0	0
5	58	35	50	34
6	56	76	25	67
7	36	45	31	30
8	42	11	3	16
9	10	18	31	41
10	62	4	46	18
11	72	72	37	49
12	62	69	47	51
13	21	10	73	46
14	55	36	64	46
15	51	35	37	64
16	65	54	36	9
17	29	50	34	28
18	16	52	0	5
19	19	31	45	30
20	64	18	0	7
21	77	27	14	26
22	97	18	0	15
23	86	51	92	89
24	9	19	19	11
25	62	51	37	0

Escala: 0 = valor menos intenso, 100 = valor más intenso

E.3. Hoja de evaluación sensorial del agrado general de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye.

Evaluación de queque con harina de pejibaye

NOMBRE:_____ Fecha: _____ Edad:_____

A continuación pruebe una a una las muestras de queque de acuerdo al orden de presentación, esto es de izquierda a derecha. Luego de comer una porción de la muestra indiqué **¿Cuanto le gustó el queque probado?,** para ello antes de iniciar la degustación, lea cuidadosamente la escala de agrado y escoja de entre las posibilidades de respuesta que se muestran un poco más abajo. Favor enjuagar muy bien su boca entre muestras.

Muestra:_____

Indique **¿Cuanto le gustó el queque probado?,** Escoja una de las opciones indicadas y marque con X su respuesta.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me Disgusta Mucho	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta mucho

Si tiene algún comentario hágalo a continuación:

_____

Muestra:_____

Indique **¿Cuanto le gustó el queque probado?,** Escoja una de las opciones indicadas y marque con X su respuesta.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me Disgusta Mucho	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta mucho

Si tiene algún comentario hágalo a continuación:

_____

Muestra:_____

Indique **¿Cuanto le gustó el queque probado?,** Escoja una de las opciones indicadas y marque con X su respuesta.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me Disgusta Mucho	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta mucho

Si tiene algún comentario hágalo a continuación:

_____

Muestra:_____

Indique **¿Cuanto le gustó el queque probado?,** Escoja una de las opciones indicadas y marque con X su respuesta.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Me Disgusta Mucho	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta mucho

Si tiene algún comentario hágalo a continuación:

_____

Muchas gracias por su colaboración!!

E.4. Resultado del panel sensorial de agrado general de los queques elaborados con diferente grado de sustitución de harina de pejibaye.

Cuadro E.5. Agrado general de los queques según el contenido de harina de pejibaye.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
1	9	5	6	8
2	6	4	8	6
3	7	4	8	5
4	9	9	7	7
5	3	7	5	2
6	4	7	3	4
7	4	8	1	6
8	7	6	5	6
9	8	6	7	9
10	8	8	7	7
11	7	9	9	8
12	8	5	8	9
13	4	7	5	3
14	4	4	3	6
15	8	8	7	7
16	9	9	9	9
17	5	5	6	7
18	7	8	9	9
19	5	8	9	9
20	5	5	1	1
21	6	7	7	6
22	9	1	5	9
23	9	9	9	7
24	5	6	8	7
25	8	5	7	9
26	7	8	6	9
27	8	6	7	8
28	6	4	8	4
29	6	5	8	5
30	7	7	7	8
31	9	9	8	9
32	9	8	9	9
33	9	8	7	5
34	5	5	7	5
35	9	5	5	5
36	5	7	9	5
37	9	7	8	9
38	7	8	7	7

Cuadro E.5. Continuación.

Panelista	Sustitución			
	10%	**15%**	**20%**	**25%**
39	4	7	6	7
40	8	9	5	9
41	9	7	8	8
42	3	7	5	8
43	6	7	5	8
44	9	5	5	6
45	6	7	6	8
46	7	8	8	9
47	5	8	7	6
48	9	8	7	6
49	1	3	1	5
50	7	8	8	8