

106



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

10 JUN 2013



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO
PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE PAPAYITA DE MONTE**

(Vasconcellea pubescens)

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR

Bach. ROSITA ELVIRA ROQUE MONTENEGRO

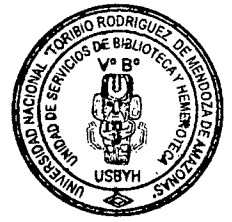
ASESOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

CHACHAPOYAS, AMAZONAS - PERÚ

Mayo, 2013

116



19 0 JUN 2013

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso que diariamente me da fuerza y fortaleza para seguir cada instante de mi vida, enfrentando todo tipo de obstáculos para lograr el éxito.

A mis padres: Segundo y María Francisca H. por el gran amor, confianza y apoyo que me brindan cada día, para lograr mis metas propuestas.

A mis hermanos: Reymundo, Wendor, María E. y Alexander, por ser ejemplos a seguir.

A mis sobrinos: Alex Rodrigo, Katia y Carlos Adrián, que son la luz de mis ojos y mi adoración.

ROSITA ELVIRA

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron, para poder terminar mi carrera profesional y este trabajo de investigación.

A Henry por el apoyo incondicional que me brindo en la ejecución de mi tesis.

A los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, que me formaron en el ámbito profesional.

A los docentes y técnicos encargados de los laboratorios por su apoyo incondicional durante la ejecución de este trabajo de investigación.

A mi asesor de tesis Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Profesor Principal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por su orientación y tiempo dedicado en la perfección de este trabajo de investigación.

ROSITA ELVIRA

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ

Rector

Dr. JOSÉ ROBERTO NERVI CHACÓN

Vicerrector Académico

Dr. EVER SALOMÉ LÁZANO BAZÁN

Vicerrector Administrativo

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

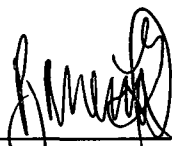
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNTRM-A que suscribe , hace constar que asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE PAPAYITA DE MONTE (*Vasconcellea pubescens*)**” presentada por la bachiller **ROSITA ELVIRA ROQUE MONTENEGRO**, egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencia Agrarias, de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A.

El docente de la UNTRM-A que suscribe da el Visto Bueno al informe final de Tesis mencionado, dándole pase para que sea sometido a la revisión por el jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones y acompañar en la sustentación de la tesis.

Chachapoyas 25 de abril del 2013



Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

PROFESOR PRINCIPAL DE LA FICA-UNTRM-AMAZONAS

JURADO EVALUADOR



M. Sc. ELENA VICTORIA TORRES MAMANI

PRESIDENTE



Ing. SEGUNDO VÍCTOR OLIVARES MUÑOZ

SECRETARIO



Ing. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA

VOCAL

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AUTORIDADES DE LA UNTRM-A.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	iv
JURADO EVALUADOR.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Clasificación taxonómica de la papayita de monte.....	2
1.2. Origen de la papayita de monte.....	2
1.3. Características fisicoquímicas de la papayita de monte.....	3
1.4. Cinética de secado.....	6
1.5. Vitamina C.....	9
1.6. Objetivos.....	13

II.	MATERIAL Y MÉTODOS	14
2.1.	Materia prima.....	14
2.2.	Procedimiento experimental.....	14
2.2.1.	Equipo experimental.....	14
2.2.2.	Cinética de secado de la papayita de monte.....	16
2.2.3.	Procedimiento para la obtención de harina de papayita de monte (<i>Vasconcellea pubescens</i>).....	16
2.3.	Evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de la harina de papayita de monte.....	20
2.3.1.	Vitamina C.....	20
2.3.2.	pH.....	20
2.3.3.	Humedad.....	20
2.3.4.	°Brix.....	20
2.3.5.	Acidez titulable.....	20
2.3.6.	Cenizas.....	20
2.3.7.	Presencia de hongos.....	21
2.3.8.	Presencia de levaduras.....	21
2.3.9.	Presencia de mesófilos en la harina de papayita de monte.....	21
2.3.10.	Análisis sensorial de yogurt saborizado con harina de papayita de monte.....	21

2.4. Análisis estadístico.....	21
III. RESULTADOS.....	23
3.1. Características de la papayita de monte.....	23
3.2. Contenido de vitamina C en la harina de papayita.....	23
3.3. Cinética de secado.....	24
3.4. Rendimiento en la harina de papayita de monte.....	26
3.5. Características fisicoquímicas de papayita de monte y su harina.....	27
3.6. Análisis microbiológico de la harina de papayita de monte.....	27
3.7. Análisis sensorial de yogurt con harina de papayita de monte.....	28
3.8. Análisis estadístico del secado de papayita de monte.....	28
IV. DISCUSIÓN.....	29
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. RECOMENDACIONES.....	33
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXO.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Composición promedio de la pulpa de papayita de monte por 100 g.....4
Tabla 2.	Características de frutas nativas del Perú.....5
Tabla 3.	Composición proximal de frutas nativas peruanas (g/100g de fruta).....5
Tabla 4.	Contenido de minerales en las frutas nativas peruanas (mg/100g).....6
Tabla 5.	Funciones del ácido ascórbico (o sus isómeros y derivados) presentes en forma natural o adicionad en los alimentos..... 11
Tabla 6.	Vitamina C o ácido ascórbico en los alimentos (mg x 100 g muestra).....12
Tabla 7.	Análisis fisicoquímico de la pulpa de papayita de monte.....23
Tabla 8.	Contenido de vitamina C en mg por 100 g de harina de papayita de monte.24
Tabla 9.	Características fisicoquímicas del fruto y de la harina de papayita.....27
Tabla 10.	Análisis microbiológico de la harina de papayita de monte.....27
Tabla 11.	Requisitos mínimos de harinas.....40
Tabla 12.	Temperatura 40°C y velocidad 4,0 m/s.....46
Tabla 13.	Temperatura 40°C y velocidad 3,5 m/s.....46
Tabla 14.	Temperatura 40°C y velocidad 3,0 m/s.....47
Tabla 15.	Temperatura 50°C y velocidad 4,0 m/s.....47
Tabla 16.	Temperatura 50°C y velocidad 3,5 m/s.....48
Tabla 17.	Temperatura 50°C y velocidad 3,0 m/s.....48
Tabla 18.	Temperatura 60°C y velocidad 4,0 m/s.....49

Tabla 19.	Temperatura 60°C y velocidad 3,5 m/s.....	49
Tabla 20.	Temperatura 60°C y velocidad 3,0 m/s.....	50
Tabla 21.	Contenido de vitamina C (mg/100g de harina de papayita) en cada uno de los tratamientos	57
Tabla 22.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.....	58
Tabla 23.	Prueba de homogeneidad de varianzas.....	60
Tabla 24.	Comparaciones múltiples de los tratamientos.....	61
Tabla 25.	Subconjuntos homogéneos en la temperatura.....	62
Tabla 26.	Subconjuntos homogéneos en la velocidad.....	63
Tabla 27.	Análisis de varianza.....	63
Tabla 28.	Cuadro ANVA para efectos simples.....	64
Tabla 29.	Comparación de Tukey (a,b).....	64
Tabla 30.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s.....	65
Tabla 31.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s.....	67
Tabla 32.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s.....	69
Tabla 33.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s.....	72

Tabla 34.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s.....	73
Tabla 35.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s.....	75
Tabla 36.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s.....	77
Tabla 37.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s.....	78
Tabla 38.	Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Influencia de la velocidad del aire (W) sobre la operación de secado, a temperatura constante. $W_3 > W_2 > W_1$. Fuente: Vernon, 2000.....	9
Figura 2. Estructura básica del ácido ascórbico (A) y ácido dehidroascórbico (B).....	10
Figura 3. Plan experimental, a cada temperatura se evaluaron tres velocidades del aire de secado.....	16
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papayita de monte (<i>Vasconcellea pubescens</i>).....	19
Figura 5. Humedad residual Vs tiempo (50°C; V = 3 ;3,5 y 4 m/s), para el secado de papayita de monte.....	25
Figura 6. Velocidad de secado en función de la humedad promedio (T = 50°C y V = 3,0; 3,5 y 4,0 m/s).....	26
Figura 7. Calificación promedio para el yogurt con harina de papayita de monte.....	28
Figura 8. Balance de materia para la obtención de harina de papayita de monte.....	42
Figura 9. Contenido de vitamina C (mg/100g de harina de papayita de monte) obtenidas por los tratamientos estudiados.....	45
Figura 10. Humedad residual en función del tiempo (T = 40°C y V = 3,0; 3,5 y 4,0 m/s).....	70
Figura 11. Velocidad de secado en función de la humedad promedio (T = 40°C y V = 3,0; 3,5 y 4,0 m/s).....	71
Figura 12. Humedad residual en función del tiempo (T = 60°C y V = 3,0; 3,5 y 4,0 m/s).....	81

Figura 13.	Velocidad de secado en función de la humedad promedio ($T = 60^{\circ}\text{C}$ y $V = 3,0; 3,5$ y $4,0$ m/s).....	82
Figura 14.	Empaque para harina de papayita de monte.....	95

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Soporte de las bandejas del secador.....	83
Fotografía 2. Acondicionamiento de la cámara de secado para colocar la balanza de triple brazo.....	83
Fotografía 3. Secador de bandejas del Laboratorio de Ingeniería UNTRM-A.....	84
Fotografía 4. Selección de la materia prima.....	85
Fotografía 5. Pelado de la materia prima.....	85
Fotografía 6. Cortado de papayita de monte en tiras.....	86
Fotografía 7. Tiras de papayita de monte secándose en el secador de bandejas.....	86
Fotografía 8. Obtención de la harina de papayita de monte.....	87
Fotografía 9. Tamizado de la harina de papayita de monte.....	87
Fotografía 10. Determinación de vitamina C.....	88
Fotografía 11. Medición del pH y °Brix.....	89
Fotografía 12. Determinación del porcentaje de humedad.....	89
Fotografía 13. Determinación de cenizas.....	90
Fotografía 14. Diluciones de la harina de papayita de monte.....	91
Fotografía 15. Sembrado en las placas Petri.....	91
Fotografía 16. Incubación de las placas a temperatura ambiente.....	92
Fotografía 17. Recuento de unidades formadoras de colonias.....	92
Fotografía 18. Tinción simple.....	92
Fotografía 19. Elaboración de yogurt saborizado con harina de papayita.....	94

Fotografía 20. Envasado de yogurt.	94
Fotografía 21. Panelistas evaluando el yogurt.....	95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la temperatura y velocidad del aire de secado para la obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) con el máximo contenido de vitamina C., se utilizó papayita de monte provenientes del Distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas, maduras, con pH promedio de 4,18 y 6,5 °Brix. La pulpa fue cortada en forma de tiras con un espesor 0.7 cm, con 8 cm de largo y 1cm de ancho, colocadas en el secador de bandejas a tres temperaturas de aire (40°C, 50°C y 60°C) y tres velocidades de aire (3,0; 3,5 y 4,0 m/s). La vitamina C en harina de papayita de monte se determinó por iodometría. Se empleó un experimento factorial del tipo 3Ax3B bajo un DCA con 3 repeticiones. La temperatura 50°C y velocidad de aire 3,5m/s permitió obtener harina de papayita (malla 100), con mayor contenido de vitamina C (682 mg /100 g de harina), presentando además el color característico de la fruta. Se realizó el análisis fisicoquímico de la harina almacenado por 90 días, obteniendo como resultado pH 4,53; humedad 11,95%; acidez titulable 0,43; cenizas 17,23%. El análisis microbiológico mostró a los 6 días de incubación un crecimiento de levaduras 3×10^2 UFC/g, y a los 9 días de incubación hay ausencia de mohos y mesófilos. Se saborizó yogurt con 15% de harina de papayita de monte obtenida del tratamiento 5, de malla 50 y 100; la evaluación organoléptica por panelistas semientrenados determinó mayor aceptación cuando se empleó harina de malla 100.

Palabras claves: secado, harina, *Vasconcellea pubescens*, vitamina C.

ABSTRACT

The current research project's which has the object to determine the influence of temperature and drying air speed to obtain mountain papayita flour (*Vasconcella pubescens*) with the maximum vitamin C content, utilized mountain papayita from the Levanto district, Chachapoyas province, Amazonas region, ripe with an average pH of 4,18 and 6,5 °Brix. The pulp was cut into slices with a thickness of 0,7 cm, length of 8 cm and 1cm width and were put into drier trays at three air temperatures (40°C, 50°C, and 60°C) and three air speeds (3,0; 3,5 and 4,0 m/s). The vitamin C in the mountain papayita flour was checked idiometrically. The experiment type used was factorial type 3Ax3B below a DCA with 3 repetitions. The temperature 50°C and air speed 3,5 m/s allowed the for the most vitamin C content to be obtained (682 mg/ 100g of flour) and also appearing in the characteristic color of the fruit. The physiochemical analysis was done by storing the flour for 90 days, resulting in a pH of 4,53; humidity of 11,95%, tirable acidity of 0,43 and ash of 17,23%. The microbiological analysis showed at six of incubation the growth of yeast 3×10 UFC/g, and at nine days of incubation there was absence of molds and mesophiles. Saborizo yoghurt is 15% flour obtained papayita treatment bush 5, 50 and 100 mesh; organoleptic evaluation determined by semi-trained panellists greater acceptance when used 100 mesh flour.

Key Words: drying, flour, *Vasconcella pubescens*, vitamin C

I. INTRODUCCIÓN

La papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) se consume principalmente en forma natural sin mayor grado de procesamiento; no existe información suficiente sobre su composición química. La revalorización de frutas nativas, poco conocidas o desconocidas fuera de sus regiones de origen, sería de gran beneficio para el poblador rural del interior del Perú que se encuentra entre los grupos poblacionales más pobres de Latinoamérica. Entre estas frutas nativas existen fuentes importantes de vitaminas, azúcares, materias gelificantes (pectinas), materias antioxidantes, ácidos, aromas y sabores que esperan su identificación y posterior explotación por la industria para elaborar productos (Repo y Encina, 2008). La papayita de monte es del género *Vasconcellea*, considerado previamente una sección del género *Carica*, fue rehabilitado por Badillo, (2000 y 2001).

Se ha estudiado y modelado el secado por aire caliente de papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 y 80° C) con velocidad de aire de $2.0 \pm 0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Las experiencias de secado se efectuaron a cinco temperaturas (40, 50, 60, 70 y 80 °C) y cada una se realizó por triplicado. Se utilizó un secador convectivo de bandejas, diseñado y construido por el Departamento de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de La Serena. Éste posee un panel de control que monitorea la velocidad y temperatura del aire de secado, el cual, se calienta al pasar por resistencias eléctricas. La muestra cuelga de una balanza marca Ohaus modelo SP 402 de precisión 0,01 g, comunicada por inter-fase RS232 marca Ohaus a un computador donde se registran y almacenan los datos de los cambios de masa a tiempo real a intervalos de 5 minutos durante la primera media hora, cada 15 minutos para los siguientes treinta minutos; y cada 30 minutos hasta alcanzar el equilibrio (peso constante). Las muestras deshidratadas se envasaron y sellaron al vacío en bolsas de polietileno. El proceso de secado de la papaya chilena presenta dependencia de la temperatura, exhibiendo además los periodos de inducción, velocidad constante y decreciente, alcanzando una humedad de equilibrio cercana a 0,05 g agua/g m.s. para cada temperatura de secado (Vega y Lemus, 2006).

1.1. Clasificación taxonómica de la papayita de monte

Calzada (1980), muestra la clasificación taxonómica de papayita de selva de la siguiente manera:

Clase	:	Dicotiledónea
Subclase	:	Arquiclarioidea
Género	:	<i>Carica</i>
Sub-género	:	<i>Monoica</i>

De la familia *Caricaceae* se destacan el género *Carica*, que es mono específico, y el género *Vasconcellea*, que cuenta con veinte especies, además de *V. x heilbornii* (Badillo, 2000 y 2001). *V. x heilbornii* cv. *pentagona* (babaco), *V. cundinamarcensis* (= *V. pubescens*; chamburo, chilacuán), *V. stipulata* (siglalón, jigacho), *V. monoica* (col de monte) y *V. goudotiana* (papayuelo), se denominan “papayas de montaña” por su distribución andina (Kempler y Kabaluk, 1996).

1.2. Origen de la papayita de monte

Según Badillo (1971) en 1854 Lenné y Koch describen *Carica pubescens*, de material cultivado en el jardín Botánico de Berlín. El origen de las semillas, aunque se indica en la descripción como de Guatemala, parece más bien haber provenido de Colombia o Perú, países que también visitó su recolector Warzewicks. A. DeCandolle, en 1864, trata por primera vez la familia en detalle bajo el nombre de *Papayaceae* y mantiene el género *Vasconcellea*, el cual ya había sido creado por Saint-Hilaire en 1837. DeCandolle describe, entre otras especies, a *V. pubescens* de Perú, (sin conocer la especie descrita por Lenné y Koch que es igual a ella y lleva el mismo epíteto), *V. cestriflora* de Nueva Granada (Colombia) y *V. chilensis* de Chile.

Según Masson, (2006)

- Se originó en zonas cálidas del Norte, Centro y Sudamérica
- El fruto de la papaya es una baya, en Chile existe la variedad *Carica pubescens*, corresponde al papayo de montaña.
- La papaya chilena es muy distinta a la que se conoce en Brasil, Ecuador, México como papaya tropical.
- Es de forma ovalada, con surcos muy marcados, muy aromática, color amarillo intenso, contiene papaína muy activa, debe consumirse sólo cocida.
- Las semillas se encuentran en el centro de la pulpa, son de color pardo amarillento.

1.3. Características fisicoquímicas de la papayita de monte

Carica pubescens, llamada también papaya de la sierra, papayita arequipeña o papaya de monte, requiere de climas templado - cálido. El fruto es una baya, de pericarpio delgado, jugoso, de color amarillo (pulpa y piel), pasando por color verde durante la madurez. El centro es hueco y se encuentra totalmente ocupado por las semillas envueltas en un tejido mucilaginoso; presenta una forma ovoide de 5 a 10 centímetros de largo por 3 a 6 centímetros de ancho y tiende a ser ovalada, con los extremos aguzados (National Research Council, 1989).

La papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) se cultiva y crece en climas fríos y con producción máxima entre los meses de noviembre y febrero (Moya-León *et al.*, 2004; citado por Vega y Lemus, 2006). Posee un fruto pequeño y firme, con pulpa de color verde amarilla, su atractivo sensorial es su fuerte y característico aroma. Tiene un rendimiento comestible del 46 % y un contenido de azúcar solo de un 5%, y se caracteriza principalmente por su alto contenido en papaína (Moreno *et al.*, 2004; citado por Vega y Lemus, 2006). Es una fruta tropical en Ecuador y Perú (Calzada, 1980).

Los frutos de papaya chilena son más pequeños que *Carica papaya*, la piel en el estado sazón es verde y se vuelve amarillo durante la maduración, la pulpa es amarilla, y la masa de semillas están encerradas en la cavidad central del fruto. La fruta tiene un

fuerte aroma característico; y posee un alto contenido de papaína, por lo que deben ser cocidos antes de comer: la fruta se usa para hacer conservas y bebidas; y debido a su contenido de papaína, se utiliza en la industria farmacológica (para tratar la arterioesclerosis) y como ablandador de carne (Moya-León *et al.*, 2004).

En el Perú existen frutos de variadas características para ser aprovechado industrialmente, entre ellos damascos, papayita de monte, melones, naranjas, mandarinas, etc., sobre los cuales es necesario realizar variados estudios; la papayita de monte es un fruto que se adapta a las zonas de ceja de selva en Sandia-Puno y tiene aspectos favorables para la elaboración de pulpa refinada y otros productos (Marín *et al.*, 2003).

Tabla 1. Composición promedio de la pulpa de papayita de monte por 100 g

Componente	Porcentaje (%)
Agua	93,80
Sólidos totales	6,20
Sólidos solubles	2,45
Sólidos insolubles	3,72
Pectina (como pectato de calcio)	0,62
pH	5,60
Acidez titulable (como ac. cítrico)	128,00
Vitamina C mg ac. Ascórbico/100g	10,30

Fuente: García (1972)

La papaya de monte, fruta de consumo popular es un alimento de importancia, no sólo por sus características sensoriales sino también por las bondades nutricionales, como son los minerales y las vitaminas. Es estacional y se cultiva mayormente en el sur del Perú, siendo el departamento de Arequipa el principal productor, convirtiéndose en un fruto tradicional de esa región. Esta fruta es susceptible al deterioro lo que tiende a acortar el tiempo de vida útil, por lo que se hace necesario buscar alternativas para obtener productos estables con el tiempo y que puedan estar a disposición durante todas las épocas del año. En este sentido la deshidratación por atomización representa una alternativa viable para conseguir productos de alto valor comercial, debido a:

reducción del peso, facilidad de conservación, calidad del producto en general y por la diversidad en su uso (Concha *et al.*, 2002).

Tabla 2. Características de frutas nativas del Perú

Nombre común	Nombre científico	°Brix	pH	Parte usada
Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>	13,4+/- 0,2	3,43+/-0,01	Todo
Papaya de monte	<i>Carica pubescens</i>	4,5+/- 0,1	4,5+/-0,02	Pulpa + piel
Tuna	<i>Opuntia ficus indica</i>	13,8 +/- 0,2	6,07+/-0,01	Pulpa
Tomate de árbol	<i>Cypfomandra betacea</i>	11,57+/-0,25	3,77+/- 0,2	Pulpa + piel

Fuente: Repo y Encina, 2008.

Tabla 3. Composición proximal de frutas nativas peruanas (g/100g de fruta)

Componente	Tuna verde	Tuna roja	Tuna anaranjada	Tomate de árbol	Aguaymanto	Papayita de monte
Humedad (%)	81,7	78,4	80,6	82,9	79,8	93,7
Cenizas (%)	0,4	0,4	0,5	1,0	1,0	0,5
Proteína cruda (%)	1,5	0,9	0,9	1,9	1,9	0,9
Fibra cruda (%)	3,7	3,5	3,9	4,5	3,6	0,6
Grasa cruda (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Carbohidratos	16,3	20,2	17,9	14,1	17,3	4,9
Energía total (kcal/100 g de muestra)	72,1	85,3	76,1	64,9	76,8	23,2

Fuente: Repo y Encina, 2008.

Tabla 4. Contenido de minerales en las frutas nativas peruanas (mg/100g)

Fruta	Fósforo	Calcio	Hierro	Zinc	Potasio
Tuna verde	332,00	29,80	0,50	0,20	25,60
Tuna roja	286,60	38,60	0,40	0,30	30,10
Tuna anaranjada	251,30	39,60	0,30	0,20	26,10
Tomate de árbol	44,70	25,56	0,90	0,45	441,03
Aguaymanto	37,90	10,55	1,24	0,40	292,65
Papaya de monte	600,00	14,60	0,40	0,10	242,00

Fuente: Repo y Encina, 2008.

1.4. Cinética de secado

El término secado se refiere a la eliminación de la humedad de una sustancia, que permite separar un líquido de un sólido y por lo general el líquido casi siempre es eliminado en forma de vapor con aire en pequeñas cantidades.

El principal objeto del secado es reducir la humedad a niveles tales que no se produzca descomposición durante la manipulación y almacenamiento posterior de los productos agrícolas; para ello, se hace circular aire con capacidad para extraer agua de la materia prima, en consecuencia la capacidad de extracción de agua del aire está en relación a su humedad relativa (Giambastiani y Rubiolo, 2002).

Entre los métodos de conservación de alimentos, la deshidratación es uno de los más antiguos pero también uno de los más usados en la actualidad, otorgando una prolongada vida útil y diversidad de productos, además de la reducción sustancial del peso y volumen de éstos (Akpınar *et al.*, 2003). Hoy en día el uso de la deshidratación sirve de base para desarrollar nuevos alimentos por ser fuentes de proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética, por esta razón es que son considerados como componentes o ingredientes de alimentos funcionales, debido a la fácil incorporación final de los mismos, por ejemplo en platos preparados, postres, yogurt, helados, galletas, pasteles, sopas instantáneas o bien solo como botanas (Primo, 1998).

El secador de bandejas, tiene platos móviles perforadas o de malla metálica que se cargan y descargan de un gabinete, sobre los cuales se coloca el sólido a secar. Una vez cargado, el gabinete se cierra y con un ventilador se introduce aire caliente a través y entre los platos, para la eliminación del agua en forma de vapor (Treybal, 1991). La transmisión de calor es directa del aire a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de aire caliente (Perry y Chilton, 1982)

La humedad es el contenido de agua por unidad de masa de sólido seco. De acuerdo a la forma de alimentación, el secador puede ser continuo o discontinuo; y de acuerdo al agente de secado puede ser directo o indirecto. En ingeniería agroindustrial, consideramos que el causante de la humedad es el agua y que el agente de secado es el aire caliente. A continuación se definen los términos empleados para describir el contenido de humedad de las sustancias (Ocón y Tojo, 1980; Perry y Chilton, 1982 y Geankoplis, 1993).

Contenido de humedad en base seca, es la que expresa la humedad de un material como porcentaje del peso de sólido seco. Se define como:

$$Y_s = [(\text{masa sólido a secar} - \text{masa sólido seco}) / \text{masa sólido seco}] \times 100$$

Contenido de humedad en equilibrio (Y_{eq}), es la humedad límite a la cual un material dado se puede secar, en condiciones específicas de temperatura y humedad del aire.

Contenido crítico de humedad (Y_c), es el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante.

Contenido de humedad libre (Y_l) o humedad residual (Y_r), es el líquido que se puede separar a una temperatura y humedad dadas. Este valor llega a incluir tanto la

humedad ocluida como la no ocluida (retenida). Si m es el peso del sólido húmedo (agua más sólido seco) en kg, y S es el peso del sólido seco en kg:

$$Y_r = (m - S) / S.$$

Periodo de velocidad constante, es el tiempo de secado durante el cual la velocidad de eliminación de agua por unidad de superficie es constante o uniforme.

Periodo de velocidad decreciente, es el tiempo de secado durante el cual la velocidad instantánea de secado disminuye en forma continua.

Para reducir el contenido de humedad de diversos materiales, se debe evaluar experimentalmente las diferentes condiciones de velocidad y temperatura del aire empleado, y el tiempo requerido para lograr el grado de secado deseado. Las mediciones de velocidad del secado por lotes se obtienen a partir de datos experimentales y proporcionan mucha información para la operación por lotes y también para la continua (Ocón y Tojo, 1980).

Usando los valores de Y_r calculados se hace una gráfica del contenido de humedad residual en función del tiempo (Figura 1). Para obtener la curva de velocidad de secado se calcula $-dY/dt$ para distintos contenidos de humedad (Figura 1) (Ocón y Tojo, 1980; Instruction Manual, 1997).

La velocidad del aire de secado (W) influye sobre esta operación. A mayor velocidad, menor tiempo de secado; sin embargo, para una muestra dada, a cualquier velocidad del aire, manteniendo su temperatura constante, la humedad crítica (Y_c) y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) no variarán (Vernon, 2000).

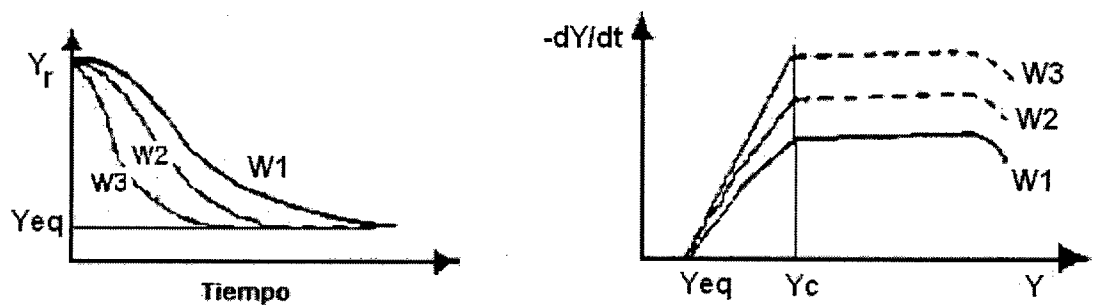


Figura 1. Influencia de la velocidad del aire (W) sobre la operación de secado, a temperatura constante. $W_3 > W_2 > W_1$. Fuente: Vernon, 2000.

1.5. Vitamina C

La vitamina C es esencial para la vida y por tanto debe estar presente en nuestra dieta. Su deficiencia puede causar la enfermedad denominada escorbuto. En 1750, un médico naval, James Lind, observó que dicha enfermedad podía prevenirse y curarse mediante el consumo diario de cítricos frescos. Sin embargo, no fue hasta 1907 cuando se aceptó que el escorbuto era una enfermedad causada por una deficiencia alimentaria, gracias a Holst y Frölich (Davey *et al.*, 2000). La vitamina C se aisló por primera vez en 1928, aunque su estructura se estableció en 1932, con el nombre de ácido ascórbico en reconocimiento a su función antiescorbútica (Davey *et al.*, 2000).

Es la vitamina más importante en frutas y hortalizas, para la nutrición humana. El aporte dietético recomendado (RDA) de vitamina C por el Ministerio de Sanidad y Consumo es de 60-80 mg para una persona adulta (MSC), sin embargo se sugiere una ingesta superior de 200 mg/día (Levine *et al.*, 1996). Las frutas y hortalizas aportan más del 85 % de la vitamina C de nuestra dieta (Lee y Kader, 2000). Szeto *et al.* (2002), observaron que el ácido ascórbico supone entre el 1 y el 73% del contenido total de antioxidantes de frutas y entre el 1 y el 59% de hortalizas. Es un metabolito muy abundante en los tejidos vegetales con importantes funciones en la fisiología crecimiento y desarrollo de la planta, el cual está involucrado en procesos como la fotosíntesis, fotoprotección, antioxidantes, crecimiento y expansión de la pared celular,

resistencia a estrés medioambiental, en las respuestas a heridas e insectos (activación de la enzima mirosinasa), detoxificación de especies reactivas de oxígeno y síntesis de etileno, giberelinas, antocianinas e hidroxiprolina, además de ser el precursor de oxalato y tartrato (Smirnoff, 2000; Smirnoff y Wheeler, 2000; Palaniswamy *et al.*, 2003).

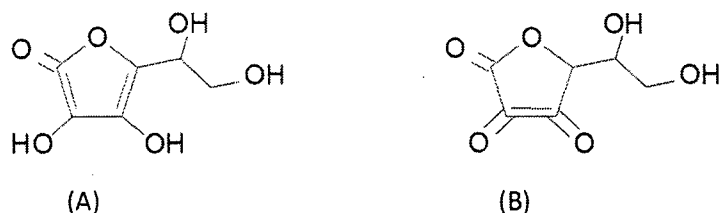


Figura 2. Estructura básica del ácido ascórbico (A) y ácido dehidroascórbico (B).

La vitamina C, la cual incluye el ácido ascórbico (AA) y su producto de oxidación, el ácido dehidroascórbico (ADHA), también tiene actividad biológica en el hombre (Podsdek, 2007). En general, las tres funciones del AA son: cofactor enzimático, captador de radicales libres y como donador o aceptor de electrones. Entre las propiedades que se le atribuyen encontramos: antiescorbútica, mantener sanas las encías, piel y vasos sanguíneos, reduce el nivel de colesterol en plasma, participa en la síntesis de colágeno, y consecuentemente en el desarrollo de cartílagos, huesos, piel, encías y dientes, la absorción de hierro inorgánico, la formación de hemoglobina y eritrocitos, inhibe la formación de nitrosaminas, mejora el sistema inmune y reacciona con radicales libres. Además, la vitamina C, como antioxidante, reduce el riesgo de arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Davey *et al.*, 2000). El AA puede ser fácilmente oxidado en presencia de oxígeno, metales pesados, pH alcalinos y altas temperaturas.

Tabla 5. Funciones del ácido ascórbico (o sus isómeros y derivados) presentes en forma natural o adicionado en los alimentos

Función	Aplicación en alimentos
Nutrimiento esencial	Jugos de fruta, bebidas de fruta, cereales para desayuno
Antioxidante (controla la rancidez oxidativa y/o evita el pardeamiento enzimático)	Manzanas, duraznos, papas, coliflor, hongos, aceitunas, nueces, tomates, hojuelas de papa, refrescos, bebidas de fruta
Antioxidante(adicionado como palmitato de ascorbilo)	Aceites vegetales(actúa sinérgicamente con antioxidantes fenólicos como tocoferoles, BHA y BHT para evitar la rancidez oxidativa)
Inhibición de la corrosión de latas	Refrescos
Protección del sabor y la transparencia	Vinos
Prevención de manchas negras	Camarón
Inhibición de la formación de nitrosaminas	Tocino
Aparición del color en carnes curadas	Tocino, jamón, salchichas
Mejorador de masas	Harinas de trigo para productos horneados
Estabilidad del color en carne empacada	Cerdo fresco(estabilizada el color rojizo; no se permite en otras carnes porque podría confundir al consumidor)

Funciones del ácido ascórbico

Fijador de oxígeno.- Uno de los mecanismos de la actividad antioxidante del ácido ascórbico en los alimentos es la fijación de oxígeno. Cuando los alimentos se embotellan o se enlatan, con frecuencia contienen oxígeno molecular residual que

podría reaccionar con varias moléculas del alimento y provocar rancidez, pérdida de color, etc. Al agregar ácido ascórbico, éste fija o elimina este oxígeno.

Fijador de radicales libres.- El ion ascorbato fija los radicales libres al donar átomos de hidrógeno a otros radicales libres, como el radical del tocoferol. Así, el ascorbato actúa sinérgicamente con la vitamina E y otros antioxidantes fenólicos como el BHA (*Butilado de hidroxianisol*) y el BHT (*Butilado de hidroxitolueno*). Con frecuencia se agrega a los alimentos junto con antioxidantes fenólicos.

Control del pardeamiento enzimático.- El ácido ascórbico se utiliza ampliamente para controlar el pardeamiento enzimático. Esto se logra reduciendo las quinonas que se forman por la oxidación de compuestos polifenólicos en los alimentos, catalizadas por la polifenoloxidasas.

Tabla 6. Vitamina C o ácido ascórbico en los alimentos (mg x 100 g muestra)

Frutas	Vitamina C	Verduras	Vitamina C
Piña	25	Brocoli	110
Durazno	29	Perejil	150
Limon (jugo)	60	Pimiento	108
Uva negra	4	Coliflor	60
Fresa	60	Espinaca	59
Ciruella	37	Aji (amarillo)	60
Naranja	55	Alfalfa (brotes)	162
Mandarina	48	Tomate	20
Mango (pulpa)	50	Zanahoria	16
Lima	40	Esparrago	20

Propiedades químicas y físicas del ácido ascórbico

- Agente reductor fuerte, antioxidante eficaz
- Peso molecular: 176 g/mol ($C_6H_8O_6$)
- Solubilidad en agua: 33% p/v a 25°C
- Nutrimiento esencial: previene el escorbuto
- Ácido débil: $pK_{a1} = 4,2$; $pK_{a2} = 11,8$
- Es bastante ácido, aunque no tiene grupos carboxilo libres
- El ácido ascórbico se oxida a ácido deshidroascórbico (DHAA)

1.6. Objetivos

- Determinar la influencia de la temperatura y velocidad del aire de secado para la obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) con el máximo contenido de vitamina C.
- Evaluar la temperatura y velocidad de secado durante el proceso de obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*).
- Conocer los parámetros del proceso de obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*).
- Conocer las propiedades fisicoquímicas de la pulpa y de la harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Se utilizó papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) en estado maduro, cada fruta presentó buenas características físicas como: sin material extraño adherido a su textura, con una textura dura, sin golpes físicos, aroma característico, con un tamaño aproximado de 8-12 cm de largo por 4-6 cm de ancho, proveniente del Distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas.

2.2. Procedimiento experimental

2.2.1. Equipo experimental

Se utilizó el equipo secador de bandejas, que consta de un soplador de aire, que permitió controlar las velocidades que se necesitaba (3,0; 3,5 y 4 m/s) para el secado de la pulpa de papayita de monte, las que se midieron con un anemómetro digital en la boca de salida del aire, después de haber pasado por la cámara de secado. El aire se calentó con el pasó a través de un ducto que tiene cuatro resistencias eléctricas de 2000 W cada una, activadas por un interruptor, para proporcionar temperaturas (40, 50 y 60°C) que se utilizó para el secado de la papayita de monte. El aire caliente ingresó inmediatamente a la cámara de secado que tiene cuatro bandejas de malla metálica con las tiras de pulpa de papayita de monte. El soporte de las bandejas se colgó de una balanza de triple brazo ubicada sobre la cámara de secado, con la cual se midió la masa del conjunto (soporte, bandejas y tiras de pulpa de papayita de monte) cada 10 minutos (P1), desde el inicio de la operación de secado (tiempo cero) hasta el final (tiempo en el cual se habrá reducido la humedad).

Procedimiento para el secado de las tiras de papayita de monte:

- Se encendió el soplador del secador de bandejas y se giró la perilla de control de la velocidad hasta la necesaria.
- Se encendió las resistencias, y se controló a la temperatura adecuada.

- Se midió la velocidad del aire con el anemómetro para verificar que está a la velocidad correcta y la temperatura con el termómetro.
- Se pesó el soporte con las cuatro bandejas, registrándolo como **PB** (peso de bandeja).
- Se colocó 250g aprox. de tiras de papayita de monte (0,7 cm de espesor, con 8 cm de largo y 1cm de ancho) en cada una de las bandejas, con un total de 1kg aprox. en las cuatro bandejas, se introdujo al secador y se pesó, anotando en la columna **P1** del cuadro de resultados.
- Se midió la temperatura y la velocidad del aire cada 5 minutos para verificar que el secado se realizó en condiciones estacionarias.
- Se pesó el soporte, las cuatro bandejas y las tiras de papayita de monte cada 10 minutos (**P1** al tiempo **t**).
- Se apagó el secador cuando la diferencia entre una pesada y otra fue demasiado pequeña (no se notaba la diferencia, se podría decir que estaba en peso constante). Para luego trasladar las tiras de papayita de monte a la estufa a la temperatura que se había secado en el secador de bandejas, para evitar aún más la pérdida de la vitamina C, determinando así el peso seco (**S**).
- Se calculó el peso de la papayita de monte seca al tiempo **t** ($P2 = P1 - PB$).
- Se calculó la humedad residual: $Y_r = (P2 - S) / S$.
- Se calculó la velocidad de secado: $-dY/dt = (Y_i - Y_{i+1}) / (t_i - t_{i+1})$.
- Se calculó la humedad promedio: $Y_m = (Y_i + Y_{i+1}) / 2$.
- Se graficó la humedad residual (Y_r) Vs tiempo.
- Se determinó por medio de la gráfica el tiempo crítico de secado.
- Se graficó dY/dt Vs humedad promedio (Y_m).
- Se determinó gráficamente Y_c y Y_{eq} .

2.2.2. Cinética de secado de la papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*)

En este trabajo de investigación se emplearon tres temperaturas (40, 50 y 60°C) con tres velocidades de aire de secado (3,0; 3,5 y 4,0 m/s). Se realizaron las pruebas por triplicado.

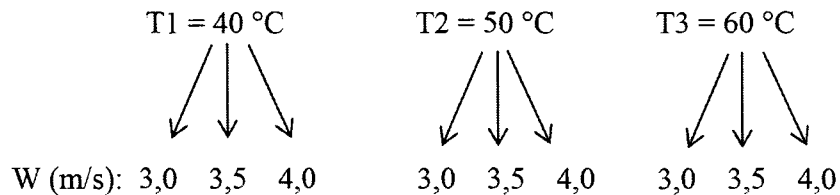


Figura 3. Plan experimental, a cada temperatura se evaluaron tres velocidades del aire de secado.

2.2.3. Procedimiento para la obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*)

Para esta investigación se siguió el flujograma mostrado en la Figura 4. Lo que se describe a continuación:

- **Recepción de la materia prima**

Se recibió la papayita de monte del distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas; en buenas condiciones físicas.

- **Selección y/o clasificación**

Se separó la materia prima que no estaba en buenas condiciones, seleccionando las frutas en estado maduro. Se realizó los análisis en el laboratorio (°Brix, pH, %acidez, índice de madurez).

- **Lavado y/o desinfección**

Se realizó con la finalidad de eliminar algunas impurezas superficiales que se encontraban adheridas en la corteza de la fruta.

- **Pelado**

Se hizo un pelado manual a la papayita de monte, utilizando un cuchillo de acero inoxidable, eliminando la piel o cáscara y las pepas.

- **Troceado**

Se realizó el troceado con un cuchillo de acero inoxidable, en forma de tiras con un espesor 0,7 cm, con 8 cm de largo y 1cm de ancho, con la finalidad de facilitar y disminuir el tiempo de secado. Se pesó 1kg aprox. de papayita de monte, colocándolo en las cuatro bandejas en forma ordenada y sin colocar una sobre otra, rápidamente se procedió a colocar las bandejas en el soporte de la cámara de secado.

- **Secado**

Se secó la papayita de monte, en un secador de bandejas, a 3 temperaturas diferentes (40, 50 y 60°C) con 3 velocidades del aire de secado (3,0; 3,5 y 4,0 m/s), con la finalidad de obtener la temperatura y velocidad de secado óptimo para la obtención de harina de papayita de monte. Durante este proceso se tomó lectura del peso de las muestras en intervalos de 10 minutos, hasta alcanzar el porcentaje de humedad óptima. Teniendo como máximo 610 minutos y como mínimo 340 minutos. Después que se observó que las tiras de papayita de monte llegó a peso constante en el secador de bandejas se apagó el secador y la muestra se colocó en la estufa a la misma temperatura que estaba en el secador de bandejas, cada una de las muestra colocadas en la estufa demoraron de 1 a 3 días, para llegar al peso constante y poder pasar al molino.

- **Molienda**

El producto seco se retiró de la estufa. Después se pasó a la molienda en un molino de mano, transformándolo en polvo del grado de finura que interese.

- **Tamizado**

La harina obtenida se colocó en una zaranda vibratorio, con tamiz de número de malla 100 para el tamaño de las partículas que se deseó obtener. Las partículas que no pasaron por la malla seleccionada se recircula al circuito de la molienda, para alcanzar el grado de finura que se necesitó.

- **Envasado y etiquetado**

Las muestras obtenidas de harina de papayita de monte se envasaron en bolsas de alupol termo sellables. La etiqueta indicó las condiciones que se encuentra la harina de papayita de monte.

- **Empacado y almacenamiento**

Se empacó el producto y se almacenó en un ambiente seco y acondicionado.

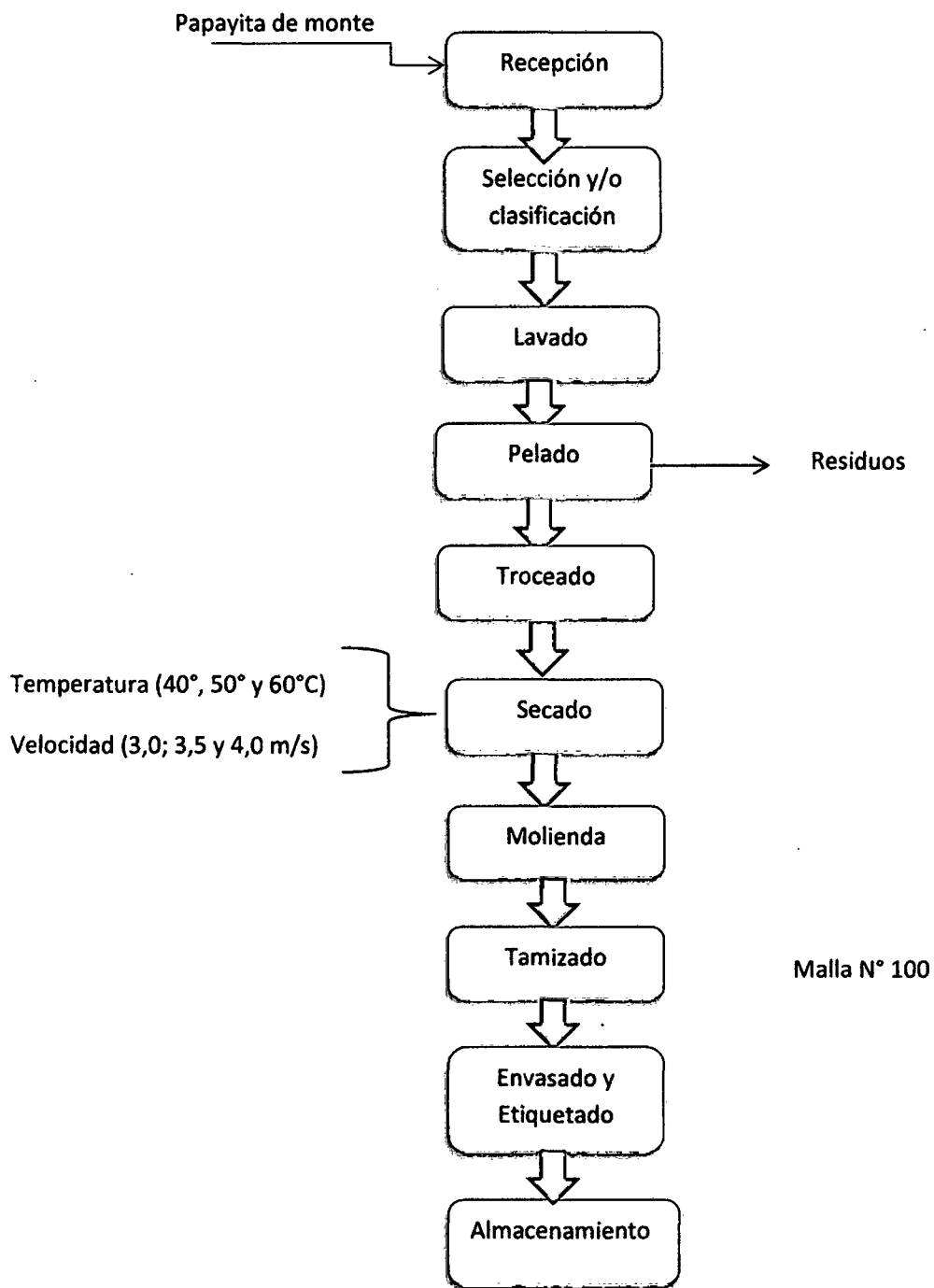


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*).

2.3. Evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de la harina de papayita de monte

Se realizó los análisis fisicoquímicos de la fruta fresca; se determinó el contenido de vitamina C en todas las muestras de harina y solo para la muestra que contenía más vitamina C, se realizaron los demás análisis.

2.3.1. Vitamina C

Para determinar la vitamina C se utilizó la iodometría, según la NTP-INDECOPI. El I₂ (**Iodo**) en solución acuosa es un oxidante suave, oxida al ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico, teniendo como indicador a una solución de almidón. Mientras la muestra contenga ácido ascórbico, se mantendrá incolora; cuando se haya oxidado todo el ácido ascórbico, recién la muestra tomará color azul debido a la reacción del almidón con el I₂.

2.3.2. pH

Se realizó con el pH-metro

2.3.3. Humedad

Se utilizó el analizador automático de humedad (ADAM AMB50).

2.3.4. °Brix

Se realizó la lectura con un refractómetro portátil.

2.3.5. Acidez titulable

Se realizó por el método AOAC, 1990.

2.3.6. Cenizas

NTP-205.038; 1975. AOAC, 1990

2.3.7. Presencia de hongos

Se empleó la técnica de siembra en profundidad o placa invertida. Utilizando el medio de Agar malta. La identificación se hizo por los caracteres macroscópicos de las colonias y por la demostración microscópica de los órganos fructíferos, esporas, etc.

2.3.8. Presencia de levaduras

Se empleó la técnica de siembra en profundidad o placa invertida. Utilizando el medio de Agar malta y agua peptonada 0,1%.

2.3.9. Presencia de mesófilos en la harina de papayita de monte

Se empleó la técnica de siembra en profundidad o placa invertida. Utilizando el medio de Agar Plate Count (cuenta colonias) y agua peptonada 0,1%.

2.3.10. Análisis sensorial de yogurt saborizado con harina de papayita de monte

Se saborizó yogurt con 15 % de harina de papayita de monte obtenida del tratamiento 5, de malla 50 y 100. Se aplicó una evaluación organoléptica por panelistas semientrenados para determinar su aceptación, con escala hedónica de nueve puntos (Anexo 12).

2.4. Análisis estadístico

Para el análisis de datos en la presente investigación se empleó un experimento factorial $3A \times 3B$ bajo un diseño completamente al azar (DCA).

Factores:

A. Temperatura (t_1 : 40°C; t_2 : 50 °C; t_3 : 60 °C)

B. Velocidad (v_1 : 3,0 m/s; v_2 : 3,5 m/s; v_3 : 4,0 m/s)

Para las tres repeticiones en base al esquema mostrado en la figura 3. Los resultados se emplearon para determinar la cinética de secado de la papayita de monte.

Modelo Aditivo Lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Donde:}$$

Y_{ijk} = Es la harina con el máximo contenido de vitamina C además con humedad, pH, acidez y cenizas; que se obtiene en la i-ésima temperatura del aire, j-ésima velocidad del aire y k-ésima repetición

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i-esima temperatura de aire.

β_j = Efecto del j-ésima velocidad de aire.

$(\alpha\beta)_{ij}$ =Efecto de la interacción de la i-ésima temperatura y j-ésima velocidad de aire.

ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental en la la i-ésima temperatura del aire, j-ésima velocidad del aire y la k-ésima repetición.

III. RESULTADOS

3.1. Características de la papayita de monte

La fruta de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) tiene un peso promedio de 181,58 g, con un tamaño de 10-12cm y 6-7cm de diámetro, en estado maduro son amarillas, con aroma característico de la fruta.

Tabla 7. Análisis fisicoquímico de la pulpa de papayita de monte

Análisis fisicoquímico	Resultado
Vitamina C (mg/100g de papayita de monte entera)	17,63
pH	4,18
Humedad (%)	93,50 – 95,00
Acidez titulable	0,64
Cenizas (%)	1,60
°Brix	6,50
Índice de madurez	10,16

Fuente: elaboración propia

3.2. Contenido de vitamina C en la harina de papayita

La vitamina C se determinó por iodometría, cuyos resultados se muestran en la tabla 9, para cada uno de 9 tratamientos a cada velocidad y temperatura del aire de secado evaluados. El tratamiento 5 permitió obtener el mayor contenido de vitamina C.

Tabla 8. Contenido de vitamina C en mg por 100 g de harina de papayita de monte

Tratamientos			Repeticiones			Vitamina C en (mg /100 g de harina)	Significancia (0,05)
Temperatura	Velocidad	Tratamiento	1	2	3		
40°C	3,0 m/s	T ₁	594,00	594,00	583,00	590,33	bc
	3,5 m/s	T ₂	550,00	561,00	539,00	550,00	d
	4,0 m/s	T ₃	572,00	561,00	572,00	568,33	cd
50°C	3,0 m/s	T ₄	616,00	616,00	627,00	619,67	b
	3,5 m/s	T₅	671,00	682,00	693,00	682,00	a
	4,0 m/s	T ₆	605,00	605,00	627,00	612,33	b
60°C	3,0 m/s	T ₇	374,00	363,00	330,00	355,67	e
	3,5 m/s	T ₈	550,00	539,00	528,00	539,00	d
	4,0 m/s	T ₉	363,00	385,00	385,00	377,67	e

Fuente: elaboración propia

3.3. Cinética de secado

Cada 10 minutos se midió el peso del soporte + bandejas + tiras de papayita, designado como P1. El peso de las tiras de la papayita de monte se calculó con la siguiente fórmula: $P2 = P1 - SB$, donde SB es el peso del soporte y las bandejas.

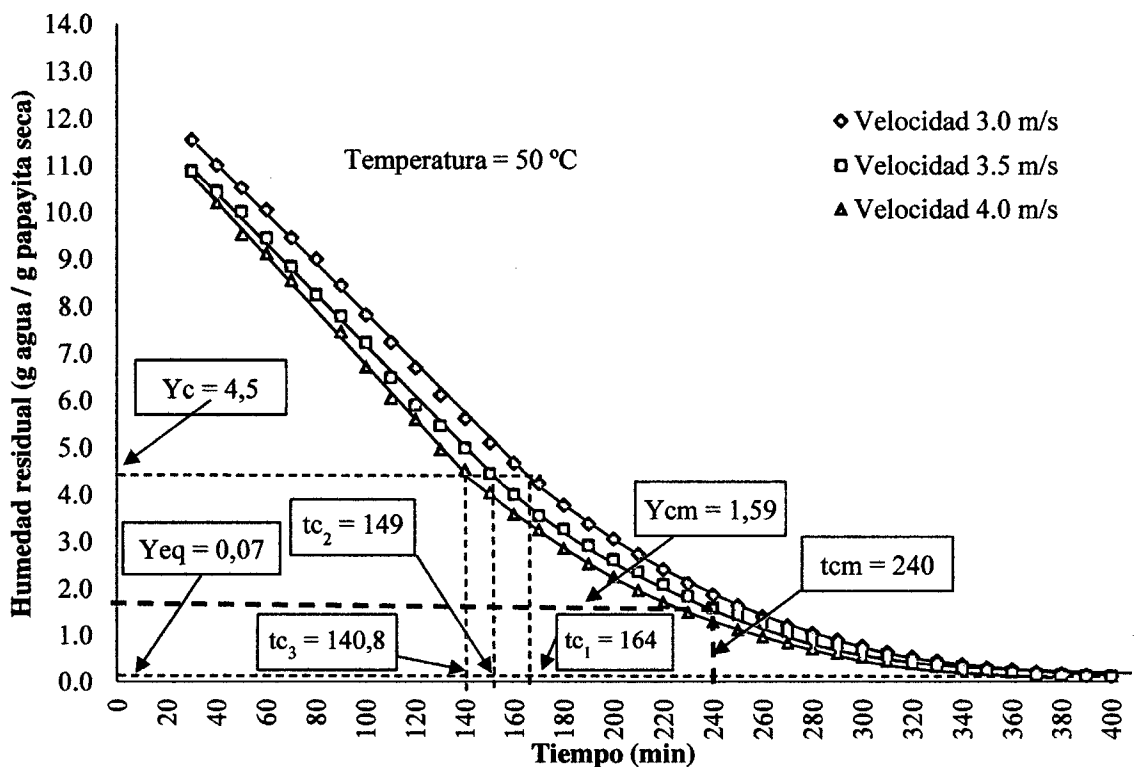
Para calcular la humedad residual de las tiras de papayita de monte cada 10 min se utilizó la siguiente fórmula: $Y = (P2 - S) / S$, donde S es el peso seco de las tiras de papayita.

La variación de la humedad con el tiempo ($-dY/dt$) se calculó con la siguiente fórmula: $-dY/dt = (Y_i - Y_{i+1}) / (t_i - t_{i+1})$

Para calcular la humedad residual promedio (Y_m) se empleó la siguiente fórmula: $Y_m = (Y_i + Y_{i+1}) / 2$

Todos estos cálculos se realizaron para todos los tratamientos. En la Figura 5, se muestra el comportamiento de la humedad residual frente al tiempo de las corridas

experimentales a una temperatura de 50°C y a velocidades de 3,0; 3,5 y 4,0 m/s (datos experimentales en el Anexo 6). Se observa que la humedad crítica (Y_c) fue 4,5 de agua/g papayita seca y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) fue 0,07 g de agua / g papayita seca, valores que no han variado a pesar de aplicar tres diferentes velocidades del aire de secado, a la misma temperatura; lo que no ocurre con el tiempo crítico (T_c), el cual disminuye conforme aumenta la velocidad del aire de secado. La harina con mayor contenido de vitamina C se ha obtenido por secado a esta temperatura y a 3,5 m/s de velocidad, cuyo tiempo crítico de secado fue de 149 min.

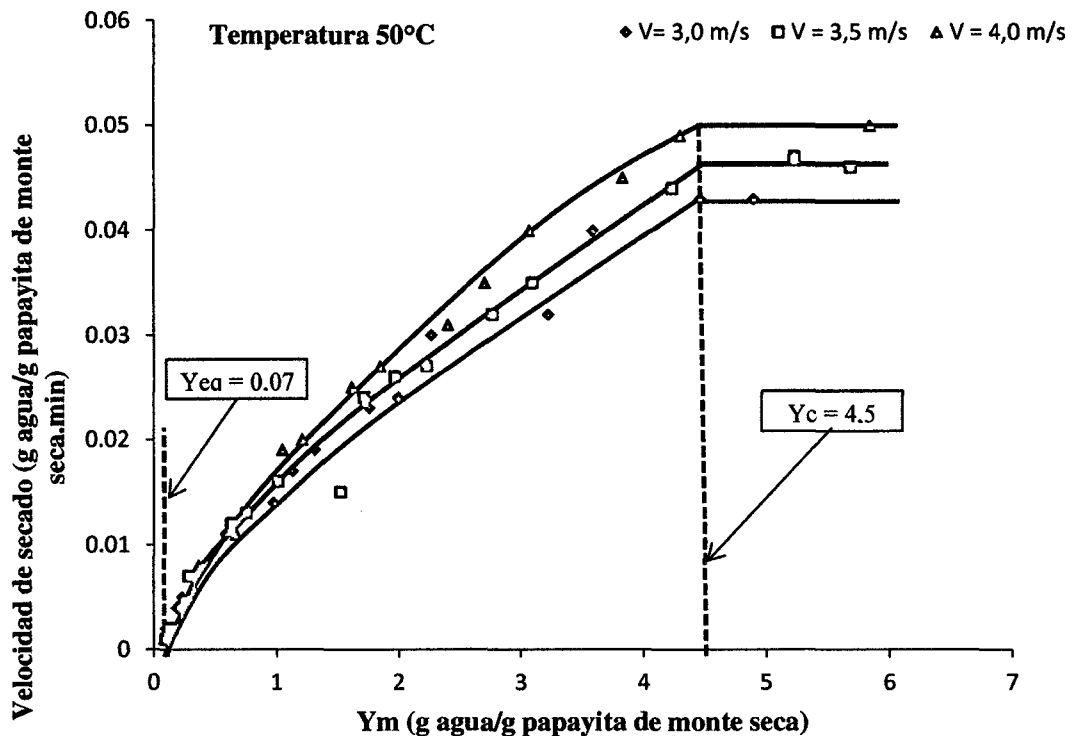


Fuente: Anexo 6

Figura 5. Humedad residual vs tiempo (50°C; V = 3; 3,5 y 4 m/s), para el secado de papayita de monte.

Aplicando las condiciones del T₅ (aire a 50°C y 3,5 m/s), se empleó 240 minutos para secar las tiras de papayita con 95% de humedad en base húmeda, hasta una humedad residual de 1,59, que corresponde a una humedad en base húmeda de 12%.

En la Figura 6 se observa la variación de la humedad con el tiempo. A 50°C y velocidades del aire de secado 3,0 m/s; 3,5m/s y 4m/s. Para 3,5 m/s la velocidad de secado fue 0.045 g agua/g papayita seca. Los datos de las corridas experimentales a 40°C y a 60°C y sus gráficas se muestran en el Anexo5 y Anexo 6 respectivamente.



Fuente: Anexo 6

Figura 6. Velocidad de secado en función de la humedad promedio (T = 50°C y V = 3,0; 3,5 y 4,0 m/s).

3.4. Rendimiento en la harina de papayita de monte

El rendimiento de la papayita de monte fresca fue de 38,46 % de tiras de pulpa para secar, 32,02% de pepas, el 14,96% de cáscara y el 13,09% de pulpa desechada. El rendimiento con respecto a la pulpa de papayita de monte fue de 6,57% de pulpa seca y 1,2% de harina. Con respecto a la fruta fresca, el rendimiento fue de 0,46% de harina de papayita de monte.

3.5. Características fisicoquímicas de la papayita de monte fresca y de su harina.

En la Tabla 09, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de papayita de monte cuya pulpa fue secada con corriente de aire a 50°C y velocidad de 3,5 m/s (T₅), que permitió obtener mayor contenido de vitamina C.

Tabla 09. Características fisicoquímicas del fruto y de la harina de papayita de monte.

Análisis fisicoquímico	papayita de monte (X*)	de Harina de papayita de monte (T ₅) (X*)
Vitamina C (mg/100g de futa entera)	17,63	16,92
pH	4,18	4,53
Humedad (%)	93,50 – 95,00	11,95
Acidez titulable	0,64	0,43
Cenizas (%)	1,62	17,23
°Brix	6,50	-

Fuente: elaboración propia

X* Promedio de tres repeticiones

3.6. Análisis microbiológico de la harina de papayita de monte

Se realizó el análisis microbiológico de la harina de papayita de monte a la muestra con mayor contenido de vitamina C (T₅) y almacenada por 90 días, a temperatura ambiente, en un lugar seco y se envasó en bolsas de alupol.

Tabla 10. Análisis microbiológico de la harina de papayita de monte.

Muestra	Temperatura	Mohos	Levadura
T ₅	Ambiente	-	3 x 10 ² UFC/g

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 10. Se aprecia que la muestra de harina de papayita de monte obtenida aplicando el T5, contiene levaduras en un orden de 3×10^2 UFC/g, hay ausencia de mohos y de mesófilos.

3.7. Análisis sensorial de yogurt saborizado con harina de papayita de monte

El yogurt se saborizó con dos tipos de harina de papayita de monte. En la muestra 1 al yogurt se adicionó 15% de harina de malla 50 y la muestra 2 se adicionó 15% de harina de malla 100. Siendo la muestra 2 la que obtuvo mayor aceptación entre los panelistas.

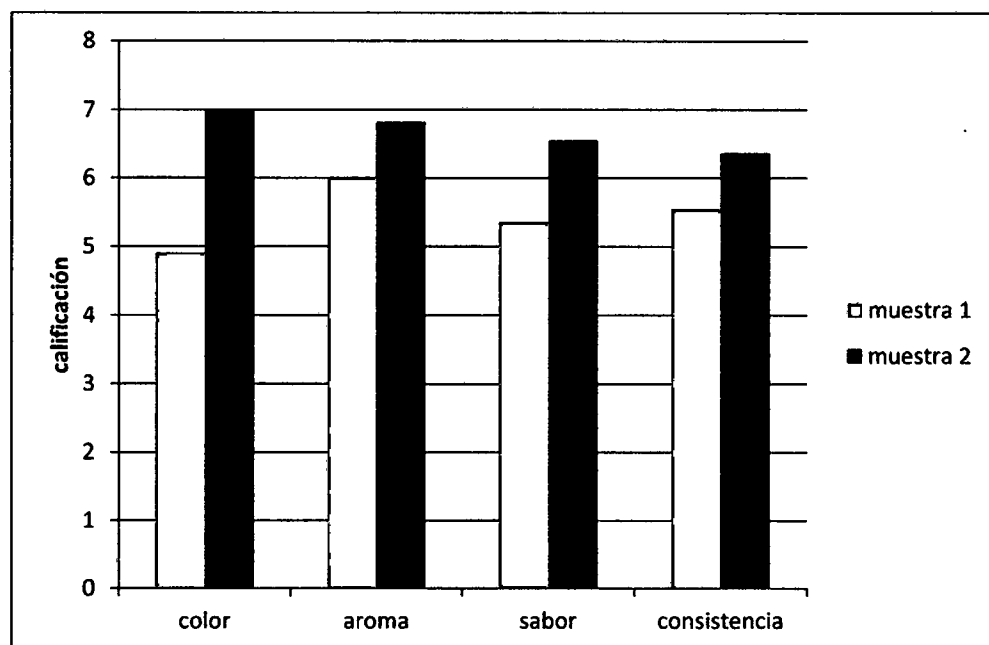


Figura 7. Calificación promedio para el yogurt saborizado con harina de papayita de monte.

3.8. Análisis estadístico del secado de papayita de monte

El análisis estadístico se realizó con el Statistical Package for Social Science (SPSS). Obteniéndose que el mejor tratamiento para la obtención de la harina de papayita de monte con el mayor contenido de vitamina C ha sido el T5 (velocidad de aire de 3,5 m/s y temperatura de 50°C) (Anexo 4).

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación se eligió frutos maduros de papayita de monte, porque sus características organolépticas fueron las adecuadas para la realización de esta investigación, en concordancia con lo afirmado por Caman y Sinfuentes, (2012), en la deshidratación de la papaya la selección del fruto es un factor crítico porque si la papaya está inmadura, el producto final quedará con un sabor amargo, si por el contrario es sobremaduro, el producto final tendrá un sabor a fermentado y una coloración roja opaca (manchas oscuras), el punto de madurez apropiado es cuando la mayor parte de la concha es amarilla.

En el secado de las tiras de papayita de monte se observó que mientras más alta sea la temperatura y velocidad del aire de secado, el tiempo de secado es más corto, pero si la temperatura y velocidad del aire de secado son más bajos, el tiempo de secado se alarga, por lo que se coincide con lo obtenido por Barrena *et al.*, (2009a y 2009b). La mayor velocidad y la mayor temperatura del aire en la operación del secador de bandejas, reduce el tiempo de secado; y las temperaturas muy altas afectan la calidad de la pulpa de lúcumo seca producida.

Para secar las tiras de papayita de monte, se utilizó el secador de bandejas. El secado por aire caliente es una técnica que utiliza energía limpia y renovable (Togrul y Pehlivan, 2003). Sin embargo el secado de vegetales con altas temperaturas afecta a las propiedades sensoriales del producto y su valor nutricional (Jarayaman y Das Gupta, 1995), por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en los estudios de cinética de secado, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo de proceso (Vega y Lemus, 2006). Por otra parte, la cinética del proceso de secado depende tanto de la geometría y espesor del producto como de las propiedades del aire de secado, como son la humedad relativa ambiental, temperatura y velocidad del aire (Krokida *et al.*, 2003).

En el secado de las tiras de papayita de monte se observó pérdida de la vitamina C, debido a la sensibilidad que presenta esta vitamina en presencia de oxígeno y temperatura. Un motivo de pérdida del contenido de vitamina C en las muestras pulpeadas, es debido a la

oxidación por efecto de la incorporación de aire a la pulpa, lo que constituye un serio inconveniente en el procesamiento de frutas (Cheftel y Cheftel, 1980)

La harina de papayita de monte se almacenó a alupol termosellable (material laminado), manteniendo sus características fisicoquímicas durante 90 días. Según J. Concha *et al* (2002) en la harina de papayita, la acidez y el pH se mantuvieron estables con el tiempo, a excepción de la humedad, vitamina C, y azúcares reductores. El aumento de la humedad se observó solo en el empaque de polietileno y es posible que se deba a que no es 100% impermeable al vapor de agua (Cheftel *et al*, 1983). Con respecto a la vitamina C, se observó que disminuye ligeramente, mostrando mayor retención el producto almacenado en los empaques laminados. Al respecto Fennema (1993), manifiesta que es probable que en zumos cítricos deshidratados de la degradación del ácido ascórbico dependa de la temperatura y de la humedad, y que la variación es más lenta a bajos contenidos de humedad.

En la presente investigación la harina obtenida de la papayita de monte tiene un alto contenido de vitamina C, la cual se conserva mejor aplicando el tratamiento 5 para el secado de pulpa de papayita de monte, lo que se demostró con el análisis estadístico. Esta harina presenta un alto valor nutricional representado por la vitamina C, lo que lo hace susceptible de utilizarla como materia prima en productos de panificación, helados, yogurt y otros; además, por sus propiedades espesantes, hidratantes y estabilizantes (Caman y Sinfuentes, 2012).

Las condiciones adecuadas para obtener harina de papayita de monte con mayor contenido de vitamina C, fue con aire a la temperatura 50°C y velocidad 3,5 m/s, con un tiempo crítico de 149 minutos. Meléndez y Pedraza, (2011), obtuvieron harina de guayaba con mayor contenido de vitamina C por secado de mesocarpio de ese fruto con aire a 50°C y velocidad 3,5 m/s cuyo tiempo crítico fue de 71 minutos. Según Barrena *et al.*, (2009b), es recomendable secar la pulpa de lúcuma con aire a la temperatura de 50°C y velocidad de 3,5 m/s, con tiempo crítico de 40 minutos. Barrena *et al.*, (2009a), recomiendan que el secado más eficiente de hojuelas de plátano fue a 50°C y velocidad del aire de 3,5 m/s, y el tiempo crítico fue de 5,4 minutos. En todas las investigaciones mencionadas obtuvieron que

el mejor secado fue con aire a 50°C y velocidad de 3,5 m/s. la diferencia en los tiempos críticos de secado se debe al contenido de humedad de cada alimento, siendo la papayita de monte la que tiene mayor humedad que los demás.

En el análisis microbiológico realizado a la harina de papayita se observó la presencia de levaduras de orden 3×10^2 UFC/g, hubo ausencia de mohos y mesófilos. Ambos son menores a los permitidos. Según Meléndez y Pedraza, (2011), el análisis microbiológico de la harina de guayaba presentó levaduras en un orden de $2,10 \times 10^2$ UFC/g y $2,5 \times 10$ UFC/g para mohos. Los resultados de la harina de papayita de monte y de guayaba son menores a los valores permitidos (mohos < 100 UFC/g y levaduras < 1000 UFC/g).

Se saborizó yogurt con 15% de harina de papayita de monte obtenida del tratamiento 5, de malla 50 y 100; la evaluación organoléptica por panelistas semientrenados determinó mayor aceptación cuando se empleó harina de malla 100. Según Caman y Sinfuentes, (2012), la elaboración de galletas a partir de harina de papaya presentan una alta evaluación sensorial y un tiempo razonable de vida de anaquel, lo que confirma sus potencialidades para ser comercializados.

V. CONCLUSIONES

1. El rendimiento de tiras de pulpa de papayita de monte fue 38,46 %, 32,02% de pepas, 14,96% de cascara y el 13,095% de pulpa desechada. Lo que corresponde a un rendimiento del 6,57% de papayita seca con respecto a la pulpa, 1,2% de harina con respecto a la pulpa de papayita de monte y un rendimiento de 0,46% de harina de papayita de monte con respecto a la fruta fresca.
2. El secado más eficiente de las tiras de papayita de monte fue a 50°C de temperatura de aire y 3,5 m/s de velocidad del aire de secado, lo que permitió obtener un mayor contenido de vitamina C (682.00 mg/100g harina y/o 16.92 mg/100g de fruta) encontrado en la harina de papayita de monte pH 4,53, humedad 11,95%, acidez 0,43 y cenizas 17,23%.
3. La velocidad y la temperatura del aire de secado influyen directamente en el color de la harina, a menor temperatura y menor velocidad de aire de secado, presenta un color amarillo claro, en cambio conforme aumenta la temperatura y la velocidad del aire de secado el color amarillo va escureciéndose, disminuyendo la calidad de la harina.
4. Aplicando las condiciones del T₅ (aire a 50°C y 3,5 m/s), se empleará 240 minutos para secar las tiras de papayita con 95% de humedad en base húmeda, hasta una humedad residual de 1,59, que corresponde a una humedad en base húmeda de 12%. Con esta humedad final se facilita la molienda para la obtención de harina de papayita de monte.
5. Después de 90 días de almacenamiento de la harina de papayita de monte, la presencia de levaduras fue de orden 3×10^2 UFC/g y hubo ausencia de mohos y mesófilos. Ambos son menores a los permitidos.
6. Se saborizó yogurt con 15% de harina de papayita de monte obtenida del tratamiento 5, de malla 50 y 100; la evaluación organoléptica por panelistas semientrenados determinó mayor aceptación cuando se empleó harina de malla 100.

VI. RECOMENDACIONES

1. Emplear frutos de papayita de monte en estado de madurez y sanidad óptimo, para obtener harina de buena calidad.
2. Diseñar un secador de bandejas para secar pulpa de papayita de monte con aire a 50°C y velocidad de 3,5 m/s para producir harina con el mayor contenido de vitamina C. En esas condiciones, cada lote se secará hasta una humedad de 12% en base húmeda, en 4 horas.
3. La harina de papayita de monte debe ser envasadas en bolsas de alupol termo sellables y almacenadas en ambientes secos, por su alta sensibilidad a humedecerse.
4. Realizar un estudio de mercado para proponer la elaboración industrial de la harina de papayita de monte y su costo de producción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akpinar, E. K., Y. Bicer y C. Yildiz. 2003. "Thin layer drying of red pepper", Journal of Food Engineering, 55, 99-104.
- Badillo, V.M. 1971. Monografía de la familia *Caricaceae*. Fac. Agron. Maracay (Venezuela). 221 p.
- Badillo, V.M. 2000. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St.-Hil. (*Caricaceae*) con la rehabilitación de este último. *Ernstia* 10: 74-79.
- Badillo, V.M. 2001. Nota correctiva *Vasconcellea* St. Hill., y no *Vasconcella* (*Caricaceae*). *Ernstia* 11: 75-76.
- Barrena G., M. A.; Cruzalegui F., R. J.; Cárdenas A., R. D.; Huanes M., M. A. 2009a. Cinética de secado de plátano (*Musa acuminata*) variedad inguiri. Rev. Oficial de la UPAO. Vol.20 N°1, enero-julio. 175-184. Trujillo, Perú.
- Barrena Gurbillón, M. A.; Maicelo Quintana, J. L.; Gamarra Torres, O. A.; Ranulfo Donato, C. A. 2009b. "Cinética de secado de lúcuma (*Pouteria lúcuma* L.)". Rev. Aporte Santiaguino. Vol.2 N°2, julio-diciembre. 271-281 ISSN 2070-836X.
- Calzada, J. (1980). Frutales Nativos; Editorial Universidad Agraria la Molina-Lima; Perú.
- Caman M. y Sinfuentes Z. 2012. Influencia de la cinética de secado en la obtención de harina de papaya (*Carica papaya* L) para uso agroindustrial. UMNTRM-Amazonas. Perú.
- Cheftel, J. y Cheftel, H. 1980. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Tomo I, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Cheftel, J.; Cheftel, H.; Bensacom, P. 1983. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Tomo II, Editorial Acribia, Zaragoza, España.

- Concha V., J.; Guevara P., A; Araujo V., M. 2002. Obtención de polvo de papaya de monte (*Carica pubescens*) por atomización. Inf. tecnol. [online]. Vol 9. Valencia, Venezuela.
- Davey, M.W., Van Montagu, M., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D., Fletcher, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 825-860.
- Fennema, O. 1993. Química de los Alimentos. Editorial. Acribia S.A., Zaragoza – España.
- García V. 1972. Ensayo Sobre la Fabricación de Mermelada y Confitado de Papayita de monte; Tesis UNA. Perú
- Geankoplis, C. 2003. Procesos de transportes y operaciones unitarias. Editorial C.E.C.S.A. segunda Edición. México
- Giambastiani , G y Rubiolo, O. 2002. Efecto del almacenaje y el secado sobre la calidad de los granos. En <http://agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/postcosecha/calidadalmacenamiento.pdf>. consulta 10 diciembre, 2012.
- Jarayaman, K. S. y D. K. Das Gupta, “Drying of fruits and vegetables”, In: Handbook of Industrial Drying, Mujumdar, A. S. (eds), Marcel Dekker Inc., 643-690, New York, USA (1995).
- Kempler, C.; Kabaluk, T. 1996. Babaco (*Caricapentagona* Heilb.): a possible crop for the greenhouse. *HortSci* 31: 785-788.
- Krokida, M. K., V. T. Karathanos, Z. B. Maroulis y D. Marinos-Kouris. 2003. “Drying kinetics of some vegetables”, *Journal of Food Engineering*, 59(4), 391-403.

- Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.*, 207-220.
- Levine, M., Conry-Cantilena, C., Wang, Y., Welch, R.W., Washko, P.W., Dhariwal, K.R., Park, J.B., Lazarev, A., Graumlich, J.F., Kings, J., Cantilena, L.R. 1996. Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: Evidence for a recommended dietary allowance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 3704-3709.
- Meléndez R., F. L.; Pedraza G., S. 2011. Influencia de la velocidad y la temperatura del aire en la obtención de harina de guayaba (*Psidium guajava L.*) con el máximo contenido de vitamina C. UNTRM-Amazonas, Perú.
- Marín, L. A.; R. Céspedes; G. Salazar. 2003. Estudio Preliminar Para la Obtención de Pasta de Fruta de Papayita del Monte; TESIS. Universidad Nacional Jorge Basadre Groman, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tacna, Perú.
- Masson, L. 2006. La biodiversidad como fuente de componentes bioactivos. Aceite de semillas en Chile. Florianópolis, Brasil.
- Moya –Leon, M.A; M. Moya & R. Herrera. 2004. Ripening of mountain papa (*Vasconcellea pubescens*) and ethylene dependence of some ripening events. *Postharvest biology technology*. 34:211-218
- National Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. National Academy Press, Washington, D.C. Pag. 23-56
- NTP-Norma Técnica Peruana- INDECOPI (2009). Consultado 10 de enero 2013. En: <http://NTP./normas/INDECOPI/205.027-harinas/htm>.

- Ocón G.J. Tojo B. 1989. Problemas de ingeniería química. Tomo II. Editorial Aguilar S.A. Quita Reimpresión. España.
- Palaniswamy, U.R., McAvoy, R.J., Bible, B.B., Stuart, J.D. 2003. Ontogenic variations of ascorbic acid and phenethyl isothiocyanate concentrations in watercress (*Nasturtium officinale* R.Br.) leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5504-5509.
- Perry J. y C. Chilton. 1982. Manual del Ingeniero Químico. Editorial Mc Graw-Hill. 2da Edición. Bogotá.
- Podsedek A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables: A review. *LWT-Food Sci. Technol.*, 40, 1-11.
- Primo, Y. E. 1998“Química de los Alimentos”, 1º Edición, 315-316. Editorial Síntesis S.A. Madrid.
- Repo, R y Encina, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev. Soc. Quím. Perú* v.74 n.2. citado 15 de enero 2013.
- Smirnoff, N. 2000. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 355, 1455-1464.
- Smirnoff, N.; Wheeler, G.L. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, 35, 291-314.
- Szeto, Y.T., Tomlinson, B., Benzie, I.F.F. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *Brit. J. Nutr.*, 87, 55-59.
- Togrul, I.T. y D. Pehlivan, “Modeling of drying kinetics of simple apricot”, *Journal of Food Engineering*: 58, 23-32 (2003).
- Treybal, R.E.1991. Operaciones de transferencia de masa, 2da edición Mc Graw-Hill. México

- Vega, A.A. y R.A. Lemus. 2006. Modelado de la Cinética de Secado de la Papaya Chilena (*Vasconcellea pubescens*).Inf. tecnol. [online]. Vol.17, no.3. 15 de enero 2013.
- Vernon C. J. 2000. Laboratorio de Operaciones Unitarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México.

ANEXOS

ANEXO 1

Norma sanitaria

Sobre “calidad de harinas” (R.D. N° 027-86 ITINTEC DG/D.N. 86-02-11. Lima-Perú) según Resolución Ministerial N° 664-1986-S.A./D.M. del 11 de febrero de 1986. Diario oficial “El Peruano”. Requisitos microbiológicos según norma técnica:

Mohos < 100 ufc

Levaduras < 1000 ufc

ufc : unidades formadoras de colonias.

Además debe cumplir con los requisitos mínimos, fijados en la tabla siguiente de acuerdo al tipo que pertenezca:

Tabla 11. Requisitos mínimos de harinas

Requisitos	Especial		Extra		Popular		Semi-integral		Integral	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Humedad %	-	15,00	-	15,00	-	15,00	-	15,00	-	15,00
Cenizas %	-	0,64	0,65	1,00	1,01	1,40	1,41	-	-	-
Acidez %	-	0,10	-	0,15	-	0,16	-	0,18	-	0,22

Fuente: ITINTEC (205.027-harinas)

Requisitos generales de las harinas

- Deberán estar libres de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza
- No podrá obtenerse a partir de granos fermentados o a partir de granos descompuestos como consecuencia del ataque de hongos, roedores o insectos.
- Deberá tener la consistencia de un polvo fluido en toda su masa excepto la integral y la semi-integral, sin grumos de ninguna clase (considerando la compactación natural del envasado automático y del estibado).
- No se permitirá el comercio de aquellas que tengan olor de rancio, ácido o en general olor diferente al característico de la harina.
- No tener mancha de aceite, kerosene o de cualquier otro producto extraño.
- Podrá adicionarse bromato de potasio o de sodio u otros productos similares aprobados para consumo humano como reguladores de fermentación, en proporción máxima de 5g por 100kg de harina.

ANEXO 3

3.1 Determinación de vitamina C por iodometría

- **Preparación de solución de yodo 0,01N**

Se pesó 40g de ioduro de potasio y se disolvió con una cantidad pequeña de agua. Se pesó 12,7 g de yodo y se agregó a la solución de ioduro de potasio para disolverlo. Luego se agregó agua hasta obtener un volumen total de 1 litro.

Se pipeteó 20 mL de solución de yodo 0,1N en una fiola de 200ml, luego se agregó agua destilada hasta los 200mL de la fiola. Obtenido así la solución de yodo 0.01N.

- **Preparación de la solución de almidón al 1%**

Se mezcló 1g de almidón (soluble) con 10mL de agua destilada y se agitó, agregando 100mL de agua caliente mientras se agita constantemente y se continúa hirviendo por 1 minuto. Luego se enfrió, esta solución se prepara cada vez que se usa.

- **Procedimiento para determinar la vitamina C**

a) Preparación de la muestra

- Pesar la fruta entera: **A** g
- Pelar y pesar la fruta: **B** g
- Extraer el jugo de la fruta pelada
- Filtrar y medir el volumen del jugo: **C** mL

b) Densidad del jugo

- Pesar una fiola de 50 mL: **D** g
- Llenar la fiola con el jugo filtrado: 50 mL
- Pesar la fiola llena: **E** g
- Calcular la masa del jugo: $E - D = F$ g
- Calcular la densidad del jugo: $d = F/50$

c) Procedimiento para determinar la vitamina C

- Se llenó la bureta graduada de 50 mL con la solución de I₂ 0,01N
- Luego se midió 40 mL de jugo y/o solución de la muestra (harina de papayita) filtrado con la probeta graduada
- Se adicionó a un matraz Erlenmeyer de 100 mL
- Se adicionó 3 mL de almidón al 1%
- Luego se tituló con la solución de I₂ 0,01N
- La titulación terminó cuando la muestra tomó una coloración azul-negro.
- Se anotó el volumen de gasto de la solución de I₂ 0,01N, para luego realizar los cálculos respectivos y expresarlos en g de vitamina "C" por litro de jugo. Los resultados se muestra en las Tabla 12 Se realizó dos repeticiones más por cada muestra.

CALCULOS

$$\# \text{ equiv-g. Vit. "C"} = \# \text{ equiv-g. Yodo}$$



$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2 \quad \text{P.M.} = 176 \text{ g/mol } i = 2 \text{ equiv-g}$$

$$N_{\text{VIT. "C"}} = \frac{0,01 \text{ N} \times V_2 \text{ mL}}{V_1 \text{ mL}}$$

V₁mL (volumen de muestra a tomar)

$$N_{\text{VIT. "C"}} = \frac{\text{G equiv-g Vit. "C"}}{1 \text{ L solución}}$$

$$\frac{\text{G equiv-g Vit. "C"}}{1 \text{ L solución}} \times \frac{\text{M. g Vit. "C"}}{i \text{ equiv.g Vit. "C"}} = \frac{\text{H g Vit. "C"}}{1 \text{ L solución}}$$

$$\frac{H \text{ g Vit. "C"}}{\cancel{1 \text{ L solución}}} \times \frac{\cancel{1 \text{ L solución}}}{\cancel{A \text{ g Harina}}} \times \frac{B \text{ g Harina}}{C \text{ g fruta}} = Y \frac{\text{g Vit. "C"}}{\text{g fruta}}$$

$$\frac{Y \text{ g Vit. "C"}}{\text{g fruta}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{100}{100} = J \frac{\text{mg Vit.C}}{100 \text{g fruta}}$$

$$\frac{H \text{ g Vit. "C"}}{\cancel{1 \text{ L solución}}} \times \frac{\cancel{1 \text{ L solución}}}{A \text{ g Harina}} = K \frac{\text{g Vit. "C}}{\text{g Harina}}$$

$$\frac{K \text{ g Vit. "C}}{\text{g Harina}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{100}{100} = X \frac{\text{mg Vit.C}}{100 \text{g Harina}}$$

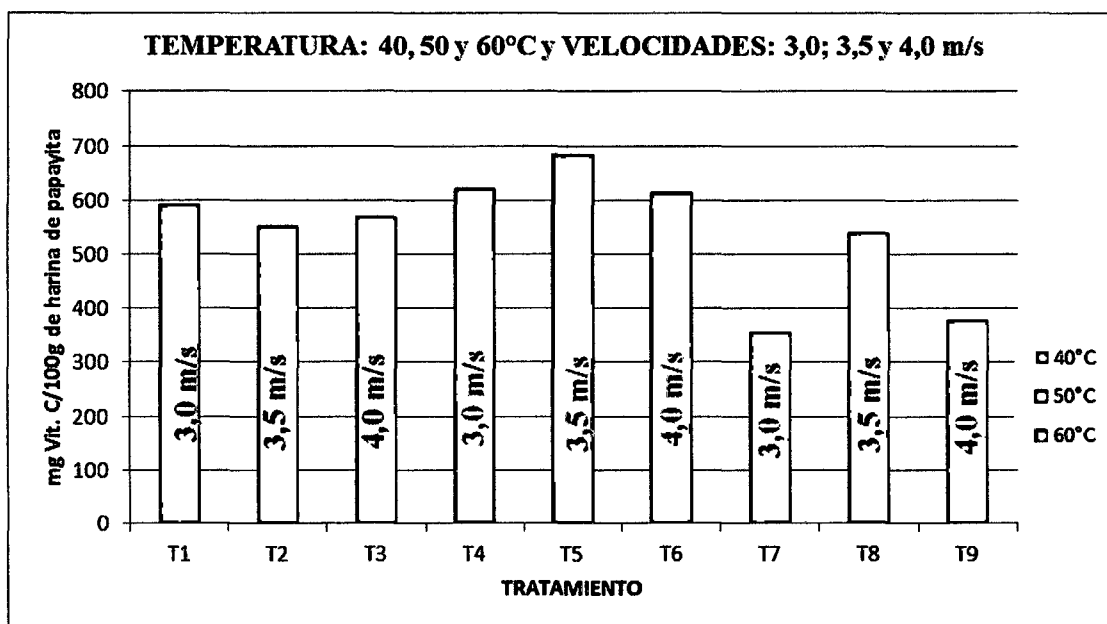


Figura 9. Contenido promedio de vitamina C (mg/100g de harina de papayita de monte) obtenidas en los tratamientos evaluados.

Tabla 12. Temperatura 40°C y velocidad 4,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00130	5,2	0,1144	114,40	14,3000	572	0,572	0,014300
	40	0,00128	5,1	0,1122	112,20	14,0250	561	0,561	0,014025
	40	0,00130	5,2	0,1144	114,40	14,3000	572	0,572	0,014300

Tabla 13. Temperatura 40°C y velocidad 3,5 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00125	5,0	0,1100	110,00	13,7500	550	0,550	0,013750
	40	0,00128	5,1	0,1122	112,20	14,0250	561	0,561	0,014025
	40	0,00123	4,9	0,1078	107,80	13,4750	539	0,539	0,013475

Tabla 14. Temperatura 40°C y velocidad 3,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00135	5,4	0,1188	118,80	14,8500	594	0,594	0,014850
	40	0,00135	5,4	0,1188	118,80	14,8500	594	0,594	0,014850
	40	0,00133	5,3	0,1166	116,60	14,5750	583	0,583	0,014575

Tabla 15. Temperatura 50°C y velocidad 4,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00138	5,5	0,1210	121,00	15,1250	605	0,605	0,015125
	40	0,00138	5,5	0,1210	121,00	15,1250	605	0,605	0,015125
	40	0,00143	5,7	0,1254	125,40	15,6750	627	0,627	0,015675

Tabla 16. Temperatura 50°C y velocidad 3,5 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00153	6,1	0,1342	134,20	16,7750	671	0,671	0,016775
	40	0,00155	6,2	0,1364	136,40	17,0500	682	0,682	0,017050
	40	0,00158	6,3	0,1386	138,60	17,3250	693	0,693	0,017325

Tabla 17. Temperatura 50°C y velocidad 3,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00140	5,6	0,1232	123,20	15,4000	616	0,616	0,015400
	40	0,00140	5,6	0,1232	123,20	15,4000	616	0,616	0,015400
	40	0,00143	5,7	0,1254	125,40	15,6750	627	0,627	0,015675

Tabla 18. Temperatura 60°C y velocidad 4,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00083	3,3	0,0726	72,60	9,0750	363	0,363	0,009075
	40	0,00088	3,5	0,0770	77,00	9,6250	385	0,385	0,009625
	40	0,00088	3,5	0,0770	77,00	9,6250	385	0,385	0,009625

Tabla 19. Temperatura 60°C y velocidad 3,5 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00125	5,0	0,1100	110,00	13,7500	550	0,550	0,013750
	40	0,00123	4,9	0,1078	107,80	13,4750	539	0,539	0,013475
	40	0,00120	4,8	0,1056	105,60	13,2000	528	0,528	0,013200

Tabla 20. Temperatura 60°C y velocidad 3,0 m/s

Papayita de monte	Muestra (mL)	N solución I ₂ (equiv./L)	V solución I ₂ (mL)	Vit C (g/L)	Vit. C (ppm)	Vit. C (mg/100g de fruta fresca)	Vit. C (mg/100g de harina de papayita de monte)	% Vit. C en harina (p/p)	% Vit. C en fruta (p/p)
	40	0,00085	3,4	0,0748	74,80	9,3500	374	0,374	0,009350
	40	0,00083	3,3	0,0726	72,60	9,0750	363	0,363	0,009075
	40	0,00075	3,0	0,0660	66,00	8,2500	330	0,330	0,008250

3.2 Determinación del pH de la papayita de monte (fruto y harina)

- Procedimiento para determinar el pH en el fruto
 - Se extrajo 20 mL de jugo filtrado del fruto de la papayita
 - Se colocó el jugo filtrado en el vaso de precipitación de 100mL y se midió con el pH-metro debidamente calibrado. Se realizó dos repeticiones más.
- Procedimiento para determinar el pH en la harina
 - Se colocó 5g de harina en un vaso que contenía 100mL de agua destilada filtrado dl fruto de la papayita
 - Se colocó el jugo filtrado en el vaso de precipitación de 100mL y se midió con el pH-metro debidamente calibrado. Se realizó dos repeticiones más.

3.3 Determinación de la %humedad de la papayita de monte (fruto y harina).

- Procedimiento para determinar el %humedad en la pulpa de la papayita
 - Se pesó 1g de pulpa de papayita de monte.
 - Se colocó en el analizador automático de humedad.
 - Se esperó que suene la alarma de equipo, indicando el porcentaje de humedad de la pulpa de papayita de monte.
 - Se anotó el %humedad de la muestra, y se realizó dos repeticiones más.
- Procedimiento para determinar %humedad en la harina
 - Se pesó 1g de harina de papayita de monte.
 - Se colocó en el analizador automático de humedad.
 - Se esperó que suene la alarma de equipo, indicando el porcentaje de humedad de la harina de papayita de monte.
 - Se anotó el %humedad de la muestra, y se realizó dos repeticiones más.

3.4 Determinación de la acidez de la papayita de monte (fruto y harina).

- Procedimiento para determinar la acidez titulable en la pulpa de la papayita
 - Se extrajo 10 mL de jugo de papayita
 - Se pesó un matraz de 100 mL, se taró, se colocó los 10 ml de jugo y se pesó.
 - Se colocó 3 gotas de fenolftaleína (indicador) a la muestra.
 - Se tituló con NaOH 0,1N hasta observar un cambio color rosado ligero.
 - Se anotó el volumen gastado. Se realizó dos repeticiones más.
 - Realizaron los cálculos respectivos
- Procedimiento para determinar el %humedad en la pulpa de la papayita
 - Se pesó 5g de harina, para diluirlo en 100mL de agua destilada.
 - Se filtró 10 mL de solución.
 - Se pesó un matraz de 100 mL, se taró, se colocó los 10 ml de solución y se pesó.
 - Se colocó 3 gotas de fenolftaleína (indicador) a la muestra.
 - Se tituló con NaOH 0,1N hasta observar un cambio color rosado ligero.
 - Se anotó el volumen gastado. Se realizó dos repeticiones más.
 - Realizaron los cálculos respectivos

V: Volumen gastado de NaOH

Meq: Mili-equivalente de la papayita (0,064 ácido cítrico)

W: Peso de la muestra

3.5 Determinación de cenizas de la papayita de monte (fruto y harina).

- Se pesaron los crisoles (W_1), se taró la balanza, se colocó 3g de muestra (W_2) (pulpa y/o harina de papayita)
- Se colocó los crisoles con las muestras en la mufla a 600°C por 15 minutos.

- Se dejó enfriar los crisoles y se pesó, se realizó varias pesadas sucesivas hasta la obtención de un peso constante (W_3).
- Con los pesos obtenidos se realizaron los cálculos respectivos.

$$\% \text{ CENIZAS} = \left(\frac{W_3 - W_1}{W_2} \right) \times 100$$

3.6 Determinación de °Brix de la papayita de monte (fruto y harina).

- Procedimiento para determinar el °Brix en la pulpa de la papayita
 - Se extrajo jugo de la pulpa de papayita.
 - Se colocó una gota del jugo en el refractómetro portátil.
 - Se anotó la lectura. Se realizó dos repeticiones más.
- Procedimiento para determinar el °Brix en la harina
 - Se pesó 5g de harina, se diluyó en 100mL de agua destilada.
 - Se filtró la dilución.
 - Se colocó una gota de la dilución en el refractómetro portátil.
 - Se anotó la lectura. Se realizó dos repeticiones más.

3.7 Metodología para determinar presencia de mohos en la harina de papayita de monte.

- Se realizó el recuento en placa por siembra en profundidad o placa invertida.
- Se preparó; el agar malta y agua peptonada 0,1%.
- Se esterilizó todos los materiales y reactivos que se utilizaron para determinar los mohos.
- Se esterilizó con alcohol el lugar donde trabajé, y se encendieron los mecheros.

- Se colocó 90mL de agua peptonada en un matraz de 100mL, y 9 mL a cada uno de los 3 tubos de ensayo.
- Se preparó la muestra; se pesó 1g de harina y se diluyó en 10 mL de agua peptonada.
- Se agregó la muestra al matraz con 90mL de agua peptonada (dilución 10^{-1}) y se agitó
- Se pipeteó 1mL de la dilución 10^{-1} y se agregó al 1er tubo de ensayo, se agitó y se obtuvo la dilución 10^{-2} . Y se realizó lo mismo hasta obtener la dilución 10^{-4} .
- Se abrieron el empaquetado de las placas Petri estériles, se colocó sobre la mesa cerca a los mecheros encendidos.
- Se agitaron; el matraz, los tubos de ensayo con las diluciones evitando que choque con el tapón de algodón.
- Se pipeteo 1mL de la dilución 10^{-1} y se sembró en la placa Petri, y se colocó la micropipeta en una bandeja. (se utilizó una micropipeta por placa petri sembrada)
- Con la mano izquierda se sostiene la placa y con la otra mano se vierte el medio de cultivo (agar malta 40°C aprox.) dentro de placa petri unos 15mL o hasta cubrir el interior del piso de la placa con una capa de 3mm aprox.
- Se homogenizó por rotación (derecha a izquierda y viceversa), se dejó solidificar, se volteó la placa, se rotuló y se empaquetó.
- Se realizó la siembra desde la dilución 10^{-1} hasta la dilución 10^{-4} , por duplicado, realizando todos los pasos mencionados anteriormente.
- Una vez listas todas las placas, se puso a incubación en posición invertida a temperatura ambiente por 5,6 hasta 7 días.

- Se observó si hay presencia de mohos en las placas, para registrar las características culturales de las colonias fúngicas.

3.8 Metodología para determinar presencia de levaduras en la harina de papayita de monte.

- Se siguió toda la metodología de la preparación de la muestra y procedimiento de siembra, igual que de mohos. Se realizó la siembra desde la dilución 10^{-1} hasta la dilución 10^{-4} , por duplicado.
- Una vez listas todas las placas, se puso a incubación en posición invertida a temperatura ambiente por 3,4 hasta 6 días.
- Se hizo la lectura de las placas sembradas y se verificó las colonias de levaduras realizando una tensión simple a las colonias presentes en las placas. Se colocó una gota de agua destilada en un portaobjeto, se tomó con el asa de kolle previamente flameada, la muestra de la colonia en la placa.
- Se homogenizó la muestra con la gota de agua destilada, para formar una capa fina.
- Se flameó la preparación con ayuda del mechero en forma suave.
- Se cubrió el preparado con cristal violeta, dejándolo actuar por un minuto, luego se lavó suavemente con agua destilada y se flameó nuevamente.
- Se colocó una gota de aceite de inmersión, luego se observó la preparación en el microscopio y se pudo identificar las colonias de levaduras.
- Se identificó y se contó las colonias de levaduras.

3.9 Metodología para determinar presencia de mesófilos en la harina de papayita de monte.

- Se realizó el recuento en placa por siembra en profundidad o placa invertida.
- Se preparó; el Agar Plate Count (cuenta colonias) y agua peptonada 0,1%.
- Se esterilizó todos los materiales y reactivos que se utilizaron en la determinación de mesófilos.
- Se esterilizó con alcohol el lugar donde trabajé, y se encendieron los mecheros.

- Se realizó toda la metodología de la preparación de la muestra y procedimiento de siembra, igual que de mohos. Se realizó la siembra desde la dilución 10^{-1} hasta la dilución 10^{-6} , por duplicado.
- Una vez listas todas las placas, se puso a incubación en posición invertida a 37°C de temperatura por 24 horas.
- Se realizó un tención simple en la placa 10^{-1} (solo en esta placa creció una colonia), para verificar la presencia de mesófilos.

ANEXO 4

Análisis estadístico del secado de papayita de monte

Tabla 21. Contenido de vitamina C (mg/100g de harina de papayita) en cada uno de los tratamientos aplicados.

	40°C			50°C			60°C		
Velocidad	3,0 m/s	3,5 m/s	4,0 m/s	3,0 m/s	3,5 m/s	4,0 m/s	3,0 m/s	3,5 m/s	4,0 m/s
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Repetición1	594,00	550,00	572,00	616,00	627,00	605,00	374,00	550,00	363,00
Repetición2	594,00	594,00	561,00	616,00	682,00	605,00	363,00	539,00	385,00
Repetición3	583,00	583,00	572,00	627,00	693,00	627,00	330,00	528,00	385,00

Fuente: elaboración propia

Se realizó las pruebas no paramétricas (prueba de Kolmogorov- Smirnov para una muestra), para poder asegurarnos que los resultados de los tratamientos son reales y para obtener los resultados finales reales, obteniendo así, que se cumple la normalidad a lo largo de todos los tratamientos.

Tabla 22. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Tratamientos			Vitamina C en (mg /100 g de harina)
T1	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	590,33
		Desviación típica	6,351
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,385
		Positiva	0,282
		Negativa	-0,385
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,667
Sig. asintót. (bilateral)			0,766
T2	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	550,00
		Desviación típica	11,000
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,175
		Positiva	0,175
		Negativa	-0,175
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,303
Sig. asintót. (bilateral)			1,000
T3	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	568,33
		Desviación típica	6,351
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,385
		Positiva	0,282
		Negativa	-0,385
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,667
Sig. asintót. (bilateral)			0,766
T4	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	619,67
		Desviación típica	6,351
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,385
		Positiva	0,385
		Negativa	-0,282
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,667
Sig. asintót. (bilateral)			0,766
T5	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	682,00
		Desviación típica	11,000
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,175
Positiva		0,175	

		Negativa	-0,175
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,303
	Sig. asintót. (bilateral)		1,000
T6	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	612,33
		Desviación típica	12,702
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,385
		Positiva	0,385
		Negativa	-0,282
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,667
	Sig. asintót. (bilateral)		0,766
T7	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	355,67
		Desviación típica	22,898
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,292
		Positiva	0,212
		Negativa	-0,292
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,506
	Sig. asintót. (bilateral)		0,960
T8	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	539,00
		Desviación típica	11,000
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,175
		Positiva	0,175
		Negativa	-0,175
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,303
	Sig. asintót. (bilateral)		1,000
T9	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	377,67
		Desviación típica	12,702
	Diferencias más extremas	Absoluta	0,385
		Positiva	0,282
		Negativa	-0,385
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0,667
	Sig. asintót. (bilateral)		0,766

Fuente: elaboración propia

Ho: se cumple la normalidad

Ha: No se cumple la normalidad

$$\alpha = 0,05$$

$$p = \text{Sig. asintót. (bilateral)}$$

Si $p < \alpha$ rechazamos H_0

Conclusión: se cumple la normalidad a lo largo de todos los tratamientos, ya que todos los p son mayores que 0,05.

Tabla 23. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl 1	gl 2	Significación
1,579	8	18	0,200

Fuente: elaboración propia

$$\alpha = 0,05$$

$$p = 0,20$$

Si $p < \alpha$ rechazamos H_0

H_0 : se cumple la igualdad de varianzas

H_a : No se cumple la igualdad de varianzas

Por lo tanto se cumple la igualdad de varianzas a lo largo de todos los tratamientos realizados.

Tabla 24. Comparaciones múltiples de los tratamientos

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia entre medias (I-J)	Error tip.	Significación	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T1	T2	40,33(*)	9,929	0,016	5,54	75,12
	T3	22,00	9,929	0,436	-12,79	56,79
	T4	-29,33	9,929	0,140	-64,12	5,46
	T5	-91,67(*)	9,929	0,000	-126,46	-56,88
	T6	-22,00	9,929	0,436	-56,79	12,79
	T7	234,67(*)	9,929	0,000	199,88	269,46
	T8	51,33(*)	9,929	0,002	16,54	86,12
	T9	212,67(*)	9,929	0,000	177,88	247,46
T2	T1	-40,33(*)	9,929	0,016	-75,12	-5,54
	T3	-18,33	9,929	0,654	-53,12	16,46
	T4	-69,67(*)	9,929	0,000	-104,46	-34,88
	T5	-132,00(*)	9,929	0,000	-166,79	-97,21
	T6	-62,33(*)	9,929	0,000	-97,12	-27,54
	T7	194,33(*)	9,929	0,000	159,54	229,12
	T8	11,00	9,929	0,965	-23,79	45,79
	T9	172,33(*)	9,929	0,000	137,54	207,12
T3	T1	-22,00	9,929	0,436	-56,79	12,79
	T2	18,33	9,929	0,654	-16,46	53,12
	T4	-51,33(*)	9,929	0,002	-86,12	-16,54
	T5	-113,67(*)	9,929	0,000	-148,46	-78,88
	T6	-44,00(*)	9,929	0,008	-78,79	-9,21
	T7	212,67(*)	9,929	0,000	177,88	247,46
	T8	29,33	9,929	0,140	-546	64,12
	T9	190,67(*)	9,929	0,000	155,88	225,46
T4	T1	29,33	9,929	0,140	-5,46	64,12
	T2	69,67(*)	9,929	0,000	34,88	104,46
	T3	51,33(*)	9,929	0,002	16,54	86,12
	T5	-62,33(*)	9,929	0,000	-97,12	-27,54
	T6	7,33	9,929	0,997	-27,46	42,12
	T7	264,00(*)	9,929	0,000	229,21	298,79
	T8	80,67(*)	9,929	0,000	45,88	115,46
	T9	242,00(*)	9,929	0,000	207,21	276,79
T5	T1	91,67(*)	9,929	0,000	56,88	126,46
	T2	132,00(*)	9,929	0,000	97,21	166,79
	T3	113,67(*)	9,929	0,000	78,88	148,46
	T4	62,33(*)	9,929	0,000	27,54	97,12
	T6	69,67(*)	9,929	0,000	34,88	104,46
	T7	326,33(*)	9,929	0,000	291,54	361,12
	T8	143,00(*)	9,929	0,000	108,21	177,79
	T9	304,33(*)	9,929	0,000	269,54	339,12
T6	T1	22,00	9,929	0,436	-12,79	56,79
	T2	62,33(*)	9,929	0,000	27,54	97,12
	T3	44,00(*)	9,929	0,008	9,21	78,79

	T4	-7,33	9,929	0,997	-42,12	27,46
	T5	-69,67(*)	9,929	0,000	-104,46	-34,88
	T7	256,67(*)	9,929	0,000	221,88	291,46
	T8	73,33(*)	9,929	0,000	38,54	108,12
	T9	234,67(*)	9,929	0,000	199,88	269,46
T7	T1	-234,67(*)	9,929	0,000	-269,46	-199,88
	T2	-194,33(*)	9,929	0,000	-229,12	-159,54
	T3	-212,67(*)	9,929	0,000	-247,46	-177,88
	T4	-264,00(*)	9,929	0,000	-298,79	-229,21
	T5	-326,33(*)	9,929	0,000	-361,12	-291,54
	T6	-256,67(*)	9,929	0,000	-291,46	-221,88
	T8	-183,33(*)	9,929	0,000	-218,12	-148,54
	T9	-22,00	9,929	0,436	-56,79	12,79
	T8	T1	-51,33(*)	9,929	0,002	-86,12
T2		-11,00	9,929	0,965	-45,79	23,79
T3		-29,33	9,929	0,140	-64,12	5,46
T4		-80,67(*)	9,929	0,000	-115,46	-45,88
T5		-143,00(*)	9,929	0,000	-177,79	-108,21
T6		-73,33(*)	9,929	0,000	-108,12	-38,54
T7		183,33(*)	9,929	0,000	148,54	218,12
T9		161,33(*)	9,929	0,000	126,54	196,12
T9		T1	-212,67(*)	9,929	0,000	-247,46
	T2	-172,33(*)	9,929	0,000	-207,12	-137,54
	T3	-190,67(*)	9,929	0,000	-225,46	-155,88
	T4	-242,00(*)	9,929	0,000	-276,79	-207,21
	T5	-304,33(*)	9,929	0,000	-339,12	-269,54
	T6	-234,67(*)	9,929	0,000	-269,46	-199,88
	T7	22,00	9,929	0,436	-12,79	56,79
	T8	-161,33(*)	9,929	0,000	-196,12	-126,54

Fuente: elaboración propia

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 25. Subconjuntos homogéneos en la temperatura

Temperatura (°C)	N	Subconjunto		
		2	3	1
60°C	9	424,11		
40°C	9		569,56	
50°C	9			638,00
Significación		1,000	1,000	1,000

Fuente: elaboración propia

Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9

$\alpha = 0,05$.

Tabla 26. Subconjuntos homogéneos en la velocidad

Velocidad (m/s)	N	Subconjunto	
		2	1
4,0m/s	9	519,44	
3,0m/s	9	521,89	
3.5m/s	9		590,33
Significación		0,905	1,000

Fuente: elaboración propia

Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9

$\alpha = 0,05$.

Tabla 27. Análisis de varianza

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	
A	214761,556	2	107380,778	726,091	0,000	*
B	29147,556	2	14573,778	98,545	0,000	*
AB	42215,556	4	10553,889	71,364	0,000	*
Error	2662,000	18	147,889			
Total corregida	288786,667	26				

Fuente: elaboración propia

A: Temperatura del aire de secado

B: Velocidad del aire de secado

AB: Intersección del factor A y B

*: Significativo

Todos son significativos, por lo que se realizó el análisis de efectos simples.

Tabla 28. Cuadro ANVA para efectos simples

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	
Tratamiento	286 124,667	8	35765,583	241,841	0,000	*
A	214 761,556	2	107380,778	726,091	0,000	*
B	29 147,556	2	14573,778	98,545	0,000	*
AB	42 215,556	4	10553,889	71,364	0,000	*
A en b1	125 624,889	2	62812,444	424,727	0,000	*
A en b2	37 994,000	2	18997,000	128,455	0,000	*
A en b3	93 358,222	2	46679,111	315,636	0,000	*
B en a1	2 446,889	2	1223,444	8,273	0,001	*
B en a2	8 792,667	2	4396,333	29,727	0,000	*
B en a3	60 123,556	2	30061,778	203,273	0,000	*
Error	2 662,000	18	147,889			
Total corregida	288 786,667	26				

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Comparación de Tukey (a,b)

Tratamiento	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
T7	3	355,67				
T9	3	377,67				
T8	3		539,00			
T2	3		550,00			
T3	3		568,33	568,33		
T1	3			590,33	590,33	
T6	3				612,33	
T4	3				619,67	
T5	3					682,00
Significación		0,436	0,140	0,436	0,140	1,000

Fuente: elaboración propia

En la tabla 29 se demuestra que el mejor tratamiento fue T5, porque conservó más la vitamina C, en comparación con los demás tratamientos.

ANEXO 5

Resultados de las corridas experimentales de secado de las tiras de papayita de monte con aire caliente a 40°C y velocidades de aire de secado 3, 3.5 y 4m/s

Tabla 30. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s

SB = 1538

S = 69

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2538,0	1000	13,49		
2	10	2486,0	948,0	12,74	0,075	13,116
3	20	2450,0	912,0	12,22	0,052	12,478
4	30	2409,0	871,0	11,62	0,059	11,920
5	40	2372,5	834,5	11,09	0,053	11,359
6	50	2336,0	798,0	10,57	0,053	10,830
7	60	2299,5	761,5	10,04	0,053	10,301
8	70	2268,0	730,0	9,58	0,046	9,808
9	80	2245,5	707,5	9,25	0,033	9,417
10	90	2219,0	681,0	8,87	0,038	9,062
11	100	2188,0	650,0	8,42	0,045	8,645
12	110	2159,5	621,5	8,01	0,041	8,214
13	120	2129,5	591,5	7,57	0,043	7,790
14	130	2108,5	570,5	7,27	0,030	7,420
15	140	2078,5	540,5	6,83	0,043	7,051
16	150	2046,5	508,5	6,37	0,046	6,601
17	160	2023,5	485,5	6,04	0,033	6,203
18	170	1989,5	451,5	5,54	0,049	5,790
19	180	1956,0	418,0	5,06	0,049	5,301
20	190	1938,5	400,5	4,80	0,025	4,931
21	200	1908,0	370,0	4,36	0,044	4,583
22	210	1878,1	340,1	3,93	0,043	4,146
23	220	1847,0	309,0	3,48	0,045	3,704
24	230	1839,0	301,0	3,36	0,012	3,420
25	240	1820,0	282,0	3,09	0,028	3,225
26	250	1806,0	268,0	2,88	0,020	2,986

27	260	1789,0	251,0	2,64	0,025	2,761
28	270	1774,0	236,0	2,42	0,022	2,529
29	280	1759,5	221,5	2,21	0,021	2,315
30	290	1744,0	206,0	1,99	0,022	2,098
31	300	1731,0	193,0	1,80	0,019	1,891
32	310	1719,5	181,5	1,63	0,017	1,714
33	320	1708,5	170,5	1,47	0,016	1,551
34	330	1697,5	159,5	1,31	0,016	1,391
35	340	1688,5	150,5	1,18	0,013	1,246
36	350	1679,5	141,5	1,05	0,013	1,116
37	360	1672,5	134,5	0,95	0,010	1,000
38	370	1666,0	128,0	0,86	0,009	0,902
39	380	1660,0	122,0	0,77	0,009	0,812
40	390	1655,3	117,3	0,70	0,007	0,734
41	400	1650,0	112,0	0,62	0,008	0,662
42	410	1645,5	107,5	0,56	0,007	0,591
43	420	1641,7	103,7	0,50	0,006	0,530
44	430	1636,5	98,5	0,43	0,008	0,465
45	440	1634,0	96,0	0,39	0,004	0,409
46	450	1632,0	94,0	0,36	0,003	0,377
47	460	1629,4	91,4	0,32	0,004	0,343
48	470	1626,8	88,8	0,29	0,004	0,306
49	480	1624,8	86,8	0,26	0,003	0,272
50	490	1622,5	84,5	0,22	0,003	0,241
51	500	1621,2	83,2	0,21	0,002	0,215
52	510	1620,0	82,0	0,19	0,002	0,197
53	520	1619,0	81,0	0,17	0,001	0,181
54	530	1617,7	79,7	0,16	0,002	0,164
55	540	1616,4	78,4	0,14	0,002	0,146
56	550	1615,8	77,8	0,13	0,001	0,132
57	560	1615,0	77,0	0,12	0,001	0,122
58	570	1614,4	76,4	0,11	0,001	0,112
59	580	1613,6	75,6	0,10	0,001	0,101
60	590	1612,9	74,9	0,09	0,001	0,091
61	600	1612,3	74,3	0,08	0,001	0,081
62	610	1611,9	73,9	0,07	0,001	0,074

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s

SB = 1537,5

S = 65,1

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2537,5	1000	14,36		
2	10	2454,0	916,5	13,08	0,128	13,720
3	20	2370,0	832,5	11,79	0,129	12,433
4	30	2330,0	792,5	11,17	0,061	11,481
5	40	2295,5	758,0	10,64	0,053	10,909
6	50	2259,5	722,0	10,09	0,055	10,367
7	60	2225,0	687,5	9,56	0,053	9,826
8	70	2190,0	652,5	9,02	0,054	9,292
9	80	2163,5	626,0	8,62	0,041	8,820
10	90	2130,0	592,5	8,10	0,051	8,359
11	100	2099,0	561,5	7,63	0,048	7,863
12	110	2079,0	541,5	7,32	0,031	7,472
13	120	2051,5	514,0	6,90	0,042	7,107
14	130	2023,5	486,0	6,47	0,043	6,680
15	140	1990,5	453,0	5,96	0,051	6,212
16	150	1959,5	422,0	5,48	0,048	5,720
17	160	1931,0	393,5	5,04	0,044	5,263
18	170	1911,5	374,0	4,75	0,030	4,895
19	180	1887,5	350,0	4,38	0,037	4,561
20	190	1860,5	323,0	3,96	0,041	4,169
21	200	1844,5	307,0	3,72	0,025	3,839
22	210	1824,5	287,0	3,41	0,031	3,562
23	220	1807,0	269,5	3,14	0,027	3,274
24	230	1788,0	250,5	2,85	0,029	2,994
25	240	1773,6	236,1	2,63	0,022	2,737
26	250	1759,0	221,5	2,40	0,022	2,515
27	260	1745,0	207,5	2,19	0,022	2,295
28	270	1730,5	193,0	1,96	0,022	2,076
29	280	1719,0	181,5	1,79	0,018	1,876
30	290	1706,5	169,0	1,60	0,019	1,692
31	300	1698,0	160,5	1,47	0,013	1,531

32	310	1688,5	151,0	1,32	0,015	1,392
33	320	1679,1	141,6	1,18	0,014	1,247
34	330	1670,8	133,3	1,05	0,013	1,111
35	340	1664,0	126,5	0,94	0,010	0,995
36	350	1657,0	119,5	0,84	0,011	0,889
37	360	1649,0	111,5	0,71	0,012	0,774
38	370	1645,0	107,5	0,65	0,006	0,682
39	380	1641,0	103,5	0,59	0,006	0,621
40	390	1637,0	99,5	0,53	0,006	0,559
41	400	1633,5	96,0	0,47	0,005	0,502
42	410	1630,5	93,0	0,43	0,005	0,452
43	420	1626,5	89,0	0,37	0,006	0,398
44	430	1623,7	86,2	0,32	0,004	0,346
45	440	1621,4	83,9	0,29	0,004	0,306
46	450	1619,4	81,9	0,26	0,003	0,273
47	460	1617,5	80,0	0,23	0,003	0,243
48	470	1615,5	78,0	0,20	0,003	0,214
49	480	1614,1	76,6	0,18	0,002	0,187
50	490	1613,2	75,7	0,16	0,001	0,170
51	500	1612,3	74,8	0,15	0,001	0,156
52	510	1611,3	73,8	0,13	0,002	0,141
53	520	1610,2	72,7	0,12	0,002	0,125
54	530	1609,5	72,0	0,11	0,001	0,111
55	540	1609,0	71,5	0,10	0,001	0,102
56	550	1608,5	71,0	0,09	0,001	0,094
57	560	1608,0	70,5	0,08	0,001	0,087
58	570	1607,5	70,0	0,08	0,001	0,079
59	580	1607,0	69,5	0,07	0,001	0,071

Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 40°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s

SB = 1537,3

S= 64,32

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2516,4	979,1	14,22		
2	10	2468,0	930,7	13,47	0,075	13,846
3	20	2407,0	869,7	12,52	0,095	12,996
4	30	2366,0	828,7	11,88	0,064	12,203
5	40	2325,0	787,7	11,25	0,064	11,565
6	50	2269,0	731,7	10,38	0,087	10,811
7	60	2185,0	647,7	9,07	0,131	9,723
8	70	2156,0	618,7	8,62	0,045	8,845
9	80	2123,0	585,7	8,11	0,051	8,363
10	90	2085,0	547,7	7,52	0,059	7,811
11	100	2050,0	512,7	6,97	0,054	7,243
12	110	2026,0	488,7	6,60	0,037	6,785
13	120	1999,0	461,7	6,18	0,042	6,388
14	130	1971,0	433,7	5,74	0,044	5,961
15	140	1932,0	394,7	5,14	0,061	5,440
16	150	1899,0	361,7	4,62	0,051	4,880
17	160	1870,5	333,2	4,18	0,044	4,402
18	170	1841,5	304,2	3,73	0,045	3,955
19	180	1817,0	279,7	3,35	0,038	3,539
20	190	1792,0	254,7	2,96	0,039	3,154
21	200	1776,0	238,7	2,71	0,025	2,836
22	210	1757,0	219,7	2,42	0,030	2,563
23	220	1740,5	203,2	2,16	0,026	2,287
24	230	1722,5	185,2	1,88	0,028	2,019
25	240	1707,7	170,4	1,65	0,023	1,764
26	250	1692,5	155,2	1,41	0,024	1,531
27	260	1681,0	143,7	1,23	0,018	1,324
28	270	1670,8	133,5	1,08	0,016	1,155
29	280	1661,0	123,7	0,92	0,015	0,999
30	290	1653,5	116,2	0,81	0,012	0,865
31	300	1645,6	108,3	0,68	0,012	0,745

32	310	1639,0	101,7	0,58	0,010	0,632
33	320	1633,8	96,5	0,50	0,008	0,541
34	330	1629,6	92,3	0,44	0,007	0,468
35	340	1625,5	88,2	0,37	0,006	0,403
36	350	1623,0	85,7	0,33	0,004	0,352
37	360	1619,6	82,3	0,28	0,005	0,306
38	370	1616,0	78,7	0,22	0,006	0,252
39	380	1613,8	76,5	0,19	0,003	0,206
40	390	1612,1	74,8	0,16	0,003	0,176
41	400	1610,4	73,1	0,14	0,003	0,150
42	410	1609,6	72,3	0,12	0,001	0,130
43	420	1608,6	71,3	0,11	0,002	0,116
44	430	1607,5	70,2	0,09	0,002	0,100
45	440	1606,7	69,4	0,08	0,001	0,085
46	450	1606,2	68,9	0,07	0,001	0,075

Fuente: elaboración propia

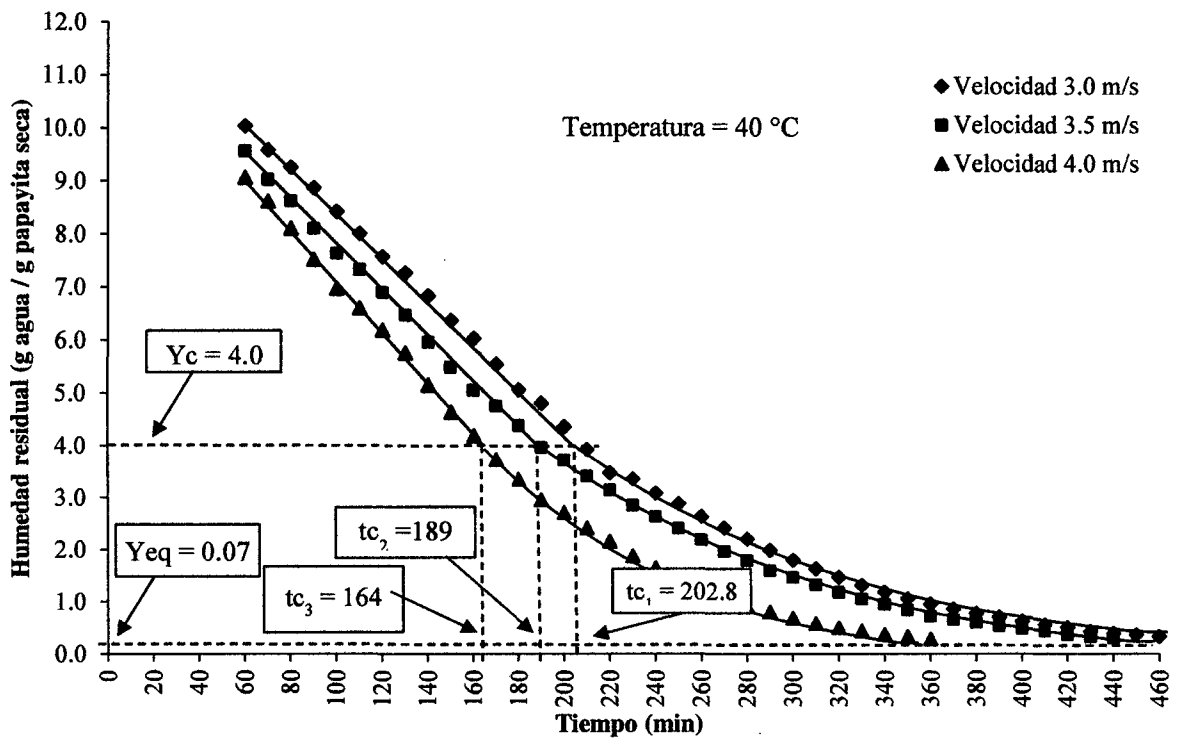


Figura 10. Humedad residual en función del tiempo ($T = 40^{\circ}\text{C}$ y $V = 3,0; 3,5$ y $4,0$ m/s).

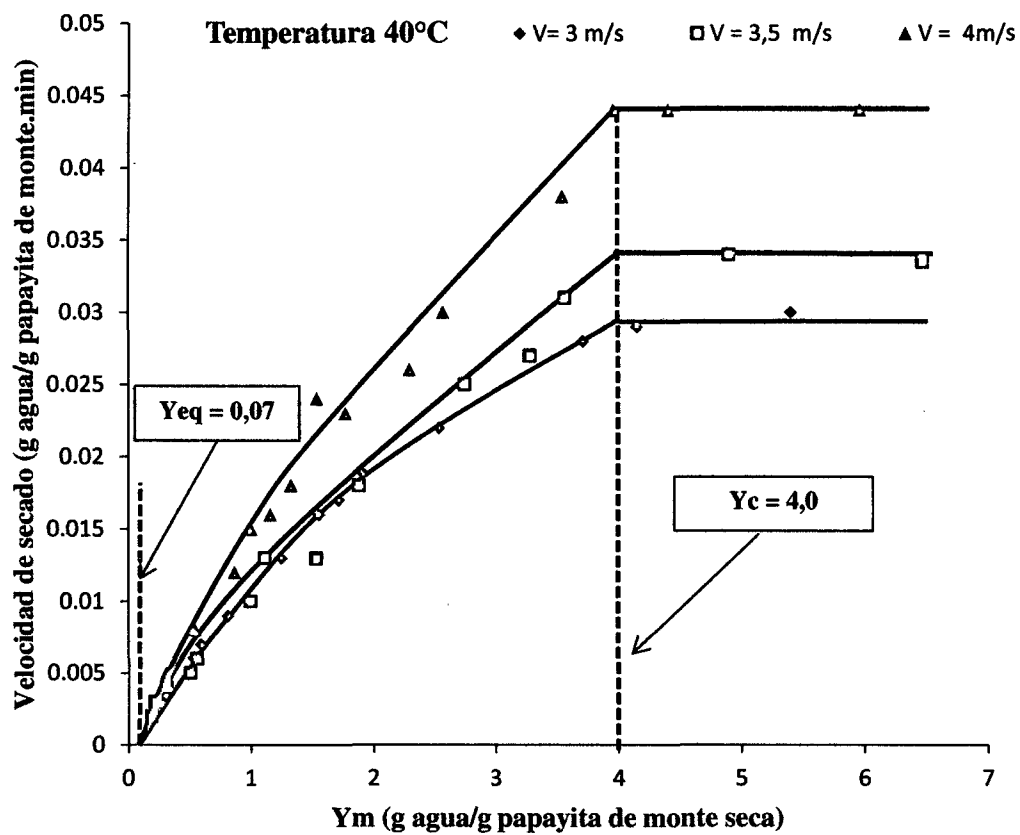


Figura 11. Velocidad de secado en función de la humedad promedio ($T = 40^{\circ}\text{C}$ y $V = 3,0$; $3,5$ y $4,0$ m/s).

ANEXO 6

Resultados de las corridas experimentales de secado de las tiras de papayita de monte con aire caliente a 50°C y velocidades de aire de secado 3,0; 3,5 y 4,0 m/s

Tabla 33. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s

SB = 1537.5

S = 70.12

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2537,5	1000	13,26		
2	10	2491,0	953,5	12,60	0,066	12,930
3	20	2451,0	913,5	12,03	0,057	12,313
4	30	2417,5	880,0	11,55	0,048	11,789
5	40	2380,0	842,5	11,02	0,053	11,283
6	50	2346,0	808,5	10,53	0,048	10,773
7	60	2313,0	775,5	10,06	0,047	10,295
8	70	2271,0	733,5	9,46	0,060	9,760
9	80	2240,0	702,5	9,02	0,044	9,240
10	90	2200,5	663,0	8,46	0,056	8,737
11	100	2156,5	619,0	7,83	0,063	8,141
12	110	2115,5	578,0	7,24	0,058	7,535
13	120	2078,0	540,5	6,71	0,053	6,976
14	130	2037,0	499,5	6,12	0,058	6,416
15	140	2002,0	464,5	5,62	0,050	5,874
16	150	1966,0	428,5	5,11	0,051	5,368
17	160	1935,5	398,0	4,68	0,043	4,893
18	170	1905,0	367,5	4,24	0,043	4,458
19	180	1873,0	335,5	3,78	0,046	4,013
20	190	1845,0	307,5	3,39	0,040	3,585
21	200	1822,5	285,0	3,06	0,032	3,225
22	210	1799,5	262,0	2,74	0,033	2,900
23	220	1777,0	239,5	2,42	0,032	2,576
24	230	1756,0	218,5	2,12	0,030	2,266
25	240	1739,0	201,5	1,87	0,024	1,995
26	250	1723,0	185,5	1,65	0,023	1,760

27	260	1706,5	169,0	1,41	0,024	1,528
28	270	1693,0	155,5	1,22	0,019	1,314
29	280	1681,0	143,5	1,05	0,017	1,132
30	290	1671,0	133,5	0,90	0,014	0,975
31	300	1661,5	124,0	0,77	0,014	0,836
32	310	1652,5	115,0	0,64	0,013	0,704
33	320	1644,8	107,3	0,53	0,011	0,585
34	330	1639,0	101,5	0,45	0,008	0,489
35	340	1633,6	96,1	0,37	0,008	0,409
36	350	1628,5	91,0	0,30	0,007	0,334
37	360	1625,6	88,1	0,26	0,004	0,277
38	370	1622,3	84,8	0,21	0,005	0,233
39	380	1619,5	82,0	0,17	0,004	0,189
40	390	1617,0	79,5	0,13	0,004	0,152
41	400	1615,4	77,9	0,11	0,002	0,122
42	410	1614,0	76,5	0,09	0,002	0,101
43	420	1613,0	75,5	0,08	0,001	0,084
44	430	1612,3	74,8	0,07	0,001	0,072

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s

SB = 1538

S = 68,23

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2538,0	1000	13,66		
2	10	2451,0	913,0	12,38	0,128	13,019
3	20	2391,0	853,0	11,50	0,088	11,942
4	30	2349,5	811,5	10,89	0,061	11,198
5	40	2319,5	781,5	10,45	0,044	10,674
6	50	2290,0	752,0	10,02	0,043	10,238
7	60	2251,5	713,5	9,46	0,056	9,739
8	70	2210,0	672,0	8,85	0,061	9,153
9	80	2169,5	631,5	8,26	0,059	8,552
10	90	2138,0	600,0	7,79	0,046	8,025
11	100	2100,0	562,0	7,24	0,056	7,515

12	110	2049,5	511,5	6,50	0,074	6,867
13	120	2009,3	471,3	5,91	0,059	6,202
14	130	1979,0	441,0	5,46	0,044	5,685
15	140	1947,0	409,0	4,99	0,047	5,229
16	150	1910,0	372,0	4,45	0,054	4,723
17	160	1880,0	342,0	4,01	0,044	4,232
18	170	1849,0	311,0	3,56	0,045	3,785
19	180	1829,5	291,5	3,27	0,029	3,415
20	190	1805,5	267,5	2,92	0,035	3,096
21	200	1785,0	247,0	2,62	0,030	2,770
22	210	1767,5	229,5	2,36	0,026	2,492
23	220	1749,0	211,0	2,09	0,027	2,228
24	230	1731,5	193,5	1,84	0,026	1,964
25	240	1715,0	177,0	1,59	0,024	1,715
26	250	1705,0	167,0	1,45	0,015	1,521
27	260	1693,5	155,5	1,28	0,017	1,363
28	270	1681,0	143,0	1,10	0,018	1,187
29	280	1670,0	132,0	0,93	0,016	1,015
30	290	1662,0	124,0	0,82	0,012	0,876
31	300	1653,3	115,3	0,69	0,013	0,754
32	310	1645,4	107,4	0,57	0,012	0,632
33	320	1638,0	100,0	0,47	0,011	0,520
34	330	1633,0	95,0	0,39	0,007	0,429
35	340	1628,0	90,0	0,32	0,007	0,356
36	350	1623,5	85,5	0,25	0,007	0,286
37	360	1620,5	82,5	0,21	0,004	0,231
38	370	1617,0	79,0	0,16	0,005	0,183
39	380	1615,8	77,8	0,14	0,002	0,149
40	390	1614,8	76,8	0,13	0,001	0,133
41	400	1614,0	76,0	0,11	0,001	0,120
42	410	1613,3	75,3	0,10	0,001	0,109
43	420	1612,9	74,9	0,10	0,001	0,101
44	430	1612,6	74,6	0,09	0,000	0,096
45	440	1612,0	74,0	0,08	0,001	0,089
46	450	1611,5	73,5	0,08	0,001	0,081
47	460	1611,0	73,0	0,07	0,001	0,074

Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 50°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s

SB= 1538

S = 65,66

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2538,0	1000	14,23		
2	10	2443,5	905,5	12,79	0,144	13,510
3	20	2369,5	831,5	11,66	0,113	12,227
4	30	2319,5	781,5	10,90	0,076	11,283
5	40	2274,5	736,5	10,22	0,069	10,560
6	50	2230,0	692,0	9,54	0,068	9,878
7	60	2203,0	665,0	9,13	0,041	9334
8	70	2166,0	628,0	8,56	0,056	8,846
9	80	2146,0	608,0	8,26	0,030	8,412
10	90	2094,5	556,5	7,48	0,078	7,868
11	100	2045,5	507,5	6,73	0,075	7,102
12	110	2002,0	464,0	6,07	0,066	6,398
13	120	1972,5	434,5	5,62	0,045	5,842
14	130	1930,0	392,0	4,97	0,065	5,294
15	140	1901,8	363,8	4,54	0,043	4,755
16	150	1869,6	331,6	4,05	0,049	4295
17	160	1840,0	302,0	3,60	0,045	3,825
18	170	1818,0	280,0	3,26	0,034	3,432
19	180	1792,0	254,0	2,87	0,040	3,066
20	190	1770,5	232,5	2,54	0,033	2,705
21	200	1752,0	214,0	2,26	0,028	2,400
22	210	1733,0	195,0	1,97	0,029	2,115
23	220	1716,5	178,5	1,72	0,025	1,844
24	230	1702,5	164,5	1,51	0,021	1,612
25	240	1688,5	150,5	1,29	0,021	1,399
26	250	1677,5	139,5	1,12	0,017	1,208
27	260	1667,5	129,5	0,97	0,015	1,048
28	270	1659,0	121,0	0,84	0,013	0,908
29	280	1650,5	112,5	0,71	0,013	0,778
30	290	1644,5	106,5	0,62	0,009	0,668
31	300	1638,9	100,9	0,54	0,009	0,579

32	310	1633,0	95,0	0,45	0,009	0,492
33	320	1629,5	91,5	0,39	0,005	0,420
34	330	1625,9	87,9	0,34	0,005	0,366
35	340	1623,3	85,3	0,30	0,004	0,319
36	350	1621,5	83,5	0,27	0,003	0,285
37	360	1618,5	80,5	0,23	0,005	0,249
38	370	1617,5	79,5	0,21	0,002	0,218
39	380	1615,0	77,0	0,17	0,004	0,192
40	390	1613,5	75,5	0,15	0,002	0,161
41	400	1612,0	74,0	0,13	0,002	0,138
42	410	1610,5	72,5	0,10	0,002	0,116
43	420	1610,0	72,0	0,10	0,001	0,100
44	430	1609,5	71,5	0,09	0,001	0,093
45	440	1609,0	71,0	0,08	0,001	0,085
46	450	1608,5	70,5	0,07	0,001	0,078

Fuente: elaboración propia

ANEXO 7

Resultados de las corridas experimentales de secado de las tiras de papayita de monte con aire caliente a 60°C y velocidades de aire de secado 3,0; 3,5 y 4,0 m/s

Tabla 36. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 3,0 m/s

SB = 1538

S = 60,2

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2538,0	1000	15,61		
2	10	2400,0	862,0	13,32	0,229	14,465
3	20	2344,0	806,0	12,39	0,093	12,854
4	30	2279,0	741,0	11,31	0,108	11,849
5	40	2229,0	691,0	10,48	0,083	10,894
6	50	2174,0	636,0	9,56	0,091	10,022
7	60	2124,5	586,5	8,74	0,082	9,154
8	70	2069,0	531,0	7,82	0,092	8,282
9	80	2035,5	497,5	7,26	0,056	7,542
10	90	1994,0	456,0	6,57	0,069	6,919
11	100	1955,0	417,0	5,93	0,065	6,251
12	110	1907,0	369,0	5,13	0,080	5,528
13	120	1880,0	342,0	4,68	0,045	4,905
14	130	1869,0	331,0	4,50	0,018	4,590
15	140	1836,0	298,0	3,95	0,055	4,224
16	150	1810,0	272,0	3,52	0,043	3,734
17	160	1787,0	249,0	3,14	0,038	3,327
18	170	1758,0	220,0	2,65	0,048	2,895
19	180	1738,5	200,5	2,33	0,032	2,493
20	190	1710,0	172,0	1,86	0,047	2,094
21	200	1695,0	157,0	1,61	0,025	1,733
22	210	1685,0	147,0	1,44	0,017	1,525
23	220	1665,0	127,0	1,11	0,033	1,276
24	230	1657,5	119,5	0,99	0,012	1,047
25	240	1649,0	111,0	0,84	0,014	0,914
26	250	1641,0	103,0	0,71	0,013	0,777

27	260	1634,0	96,0	0,59	0,012	0,653
28	270	1627,0	89,0	0,48	0,012	0,537
29	280	1621,0	83,0	0,38	0,010	0,429
30	290	1616,0	78,0	0,30	0,008	0,337
31	300	1612,0	74,0	0,23	0,007	0,262
32	310	1609,0	71,0	0,18	0,005	0,204
33	320	1606,5	68,5	0,14	0,004	0,159
34	330	1604,5	66,5	0,10	0,003	0,121
35	340	1603,0	65,0	0,08	0,002	0,092
36	350	1602,3	64,3	0,07	0,001	0,074

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Datos experimentales de la operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 3,5 m/s

SB = 1537

S = 67,78

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2537,0	1000	13,75		
2	10	2420,0	883,0	12,03	0,173	12,891
3	20	2385,0	848,0	11,51	0,052	11,769
4	30	2310,0	773,0	10,40	0,111	10,958
5	40	2270,0	733,0	9,81	0,059	10,109
6	50	2204,0	667,0	8,84	0,097	9,328
7	60	2140,0	603,0	7,90	0,094	8,369
8	70	2102,0	565,0	7,34	0,056	7,616
9	80	2031,5	494,5	6,30	0,104	6,816
10	90	2004,0	467,0	5,89	0,041	6,093
11	100	1942,3	405,3	4,98	0,091	5,435
12	110	1907,0	370,0	4,46	0,052	4,719
13	120	1874,0	337,0	3,97	0,049	4,215
14	130	1840,0	303,0	3,47	0,050	3,721
15	140	1810,2	273,2	3,03	0,044	3,251
16	150	1782,0	245,0	2,61	0,042	2,823
17	160	1756,5	219,5	2,24	0,038	2,427
18	170	1732,5	195,5	1,88	0,035	2,061
19	180	1710,5	173,5	1,56	0,032	1,722

20	190	1690,5	153,5	1,26	0,030	1,412
21	200	1673,1	136,1	1,01	0,026	1,136
22	210	1658,0	121,0	0,79	0,022	0,897
23	220	1648,0	111,0	0,64	0,015	0,711
24	230	1640,5	103,5	0,53	0,011	0,582
25	240	1634,0	97,0	0,43	0,010	0,479
26	250	1626,8	89,8	0,32	0,011	0,378
27	260	1620,5	83,5	0,23	0,009	0,278
28	270	1614,8	77,8	0,15	0,008	0,190
29	280	1613,8	76,8	0,13	0,001	0,140
30	290	1612,5	75,5	0,11	0,002	0,123
31	300	1611,8	74,8	0,10	0,001	0,109
32	310	1611,0	74,0	0,09	0,001	0,098
33	320	1610,3	73,3	0,08	0,001	0,087
34	330	1609,8	72,8	0,07	0,001	0,078
35	340	1609,7	72,7	0,07	0,000	0,073

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Datos experimentales de a operación de secado de las tiras de papayita de monte, en el secador de bandejas a 60°C de temperatura y a velocidad 4,0 m/s

1523 74,37

N°	Tiempo (min)	peso de bandeja + papayita al tiempo t (g)	peso papayita al tiempo t (g)	humedad residual (g agua/g papayita seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/papayita seca)
1	0	2512,5	989,5	12,31		
2	10	2400,0	877,0	10,79	0,151	11,549
3	20	2324,0	801,0	9,77	0,102	10,281
4	30	2264,0	741,0	8,96	0,081	9,367
5	40	2200,0	677,0	8,10	0,086	8,533
6	50	2137,0	614,0	7,26	0,085	7,680
7	60	2084,0	561,0	6,54	0,071	6,900
8	70	2032,0	509,0	5,84	0,070	6,194
9	80	1984,0	461,0	5,20	0,065	5,521
10	90	1950,0	427,0	4,74	0,046	4,970
11	100	1905,0	382,0	4,14	0,061	4,439
12	110	1875,5	352,5	3,74	0,040	3,938
13	120	1834,5	311,5	3,19	0,055	3,464

14	130	1814,3	291,3	2,92	0,027	3,053
15	140	1793,0	270,0	2,63	0,029	2,774
16	150	1766,0	243,0	2,27	0,036	2,449
17	160	1743,8	220,8	1,97	0,030	2,118
18	170	1719,0	196,0	1,64	0,033	1,802
19	180	1702,5	179,5	1,41	0,022	1,525
20	190	1681,1	158,1	1,13	0,029	1,270
21	200	1667,2	144,2	0,94	0,019	1,032
22	210	1656,9	133,9	0,80	0,014	0,870
23	220	1645,8	122,8	0,65	0,015	0,726
24	230	1634,0	111,0	0,49	0,016	0,572
25	240	1624,3	101,3	0,36	0,013	0,427
26	250	1616,8	93,8	0,26	0,010	0,311
27	260	1610,5	87,5	0,18	0,008	0,219
28	270	1608,5	85,5	0,15	0,003	0,163
29	280	1606,0	83,0	0,12	0,003	0,133
30	290	1605,5	82,5	0,11	0,001	0,113
31	300	1604,8	81,8	0,10	0,001	0,105
32	310	1603,9	80,9	0,09	0,001	0,094
33	320	1603,3	80,3	0,08	0,001	0,084
34	330	1603,0	80,0	0,08	0,000	0,078
35	340	1602,7	79,7	0,07	0,000	0,074

Fuente: elaboración propia

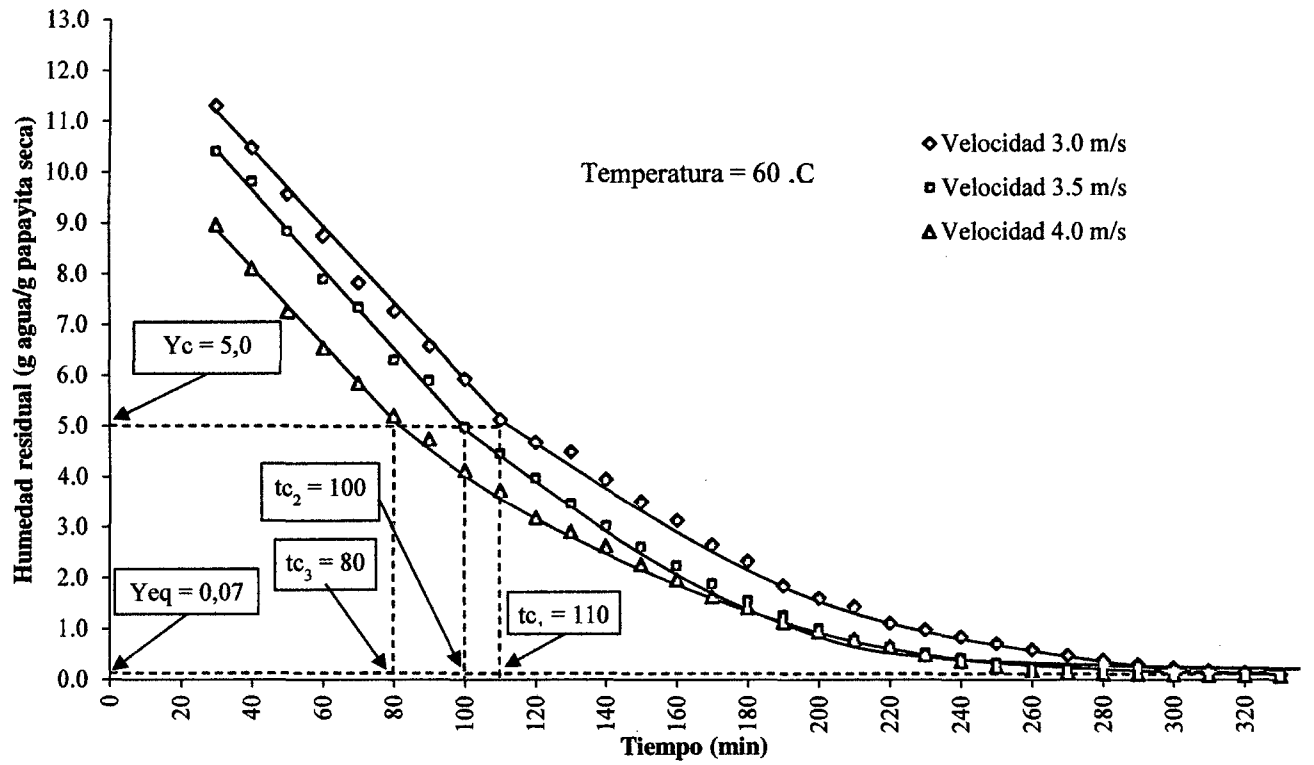


Figura 12. Humedad residual en función del tiempo ($T = 60^{\circ}\text{C}$ y $V = 3,0; 3,5$ y $4,0$ m/s).

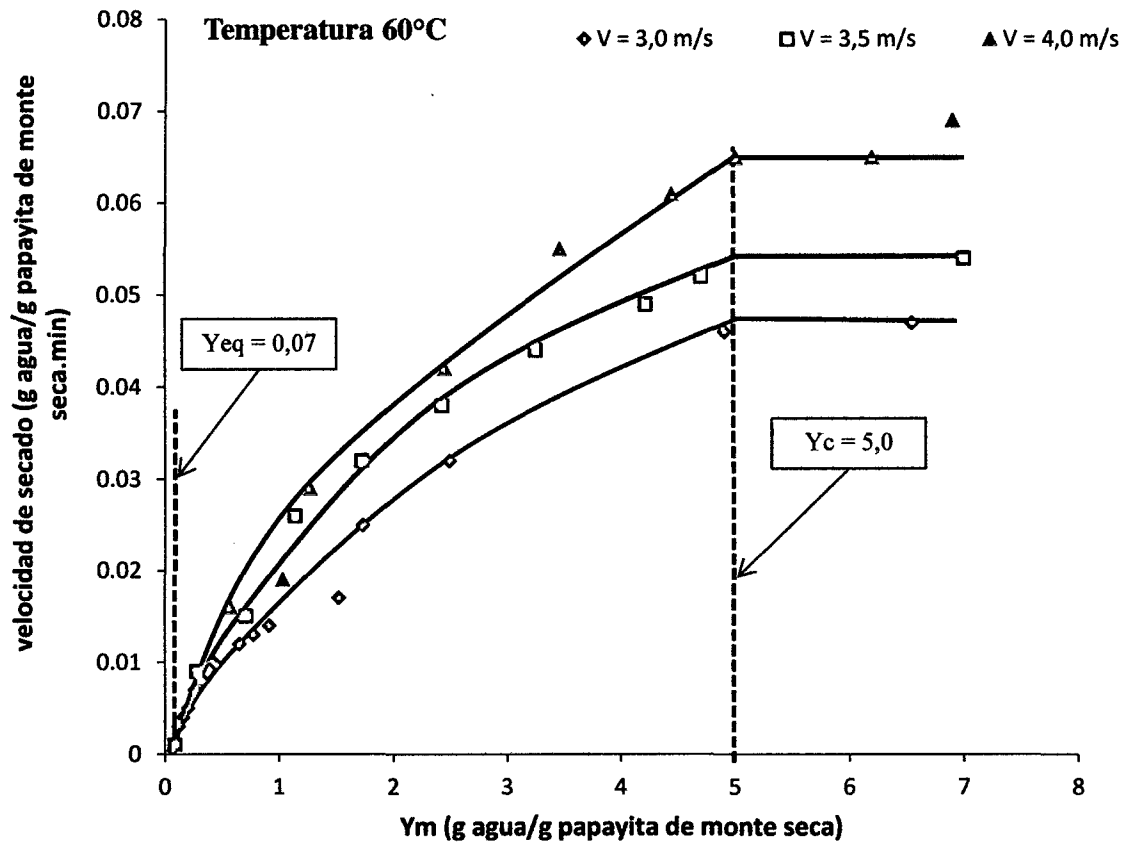
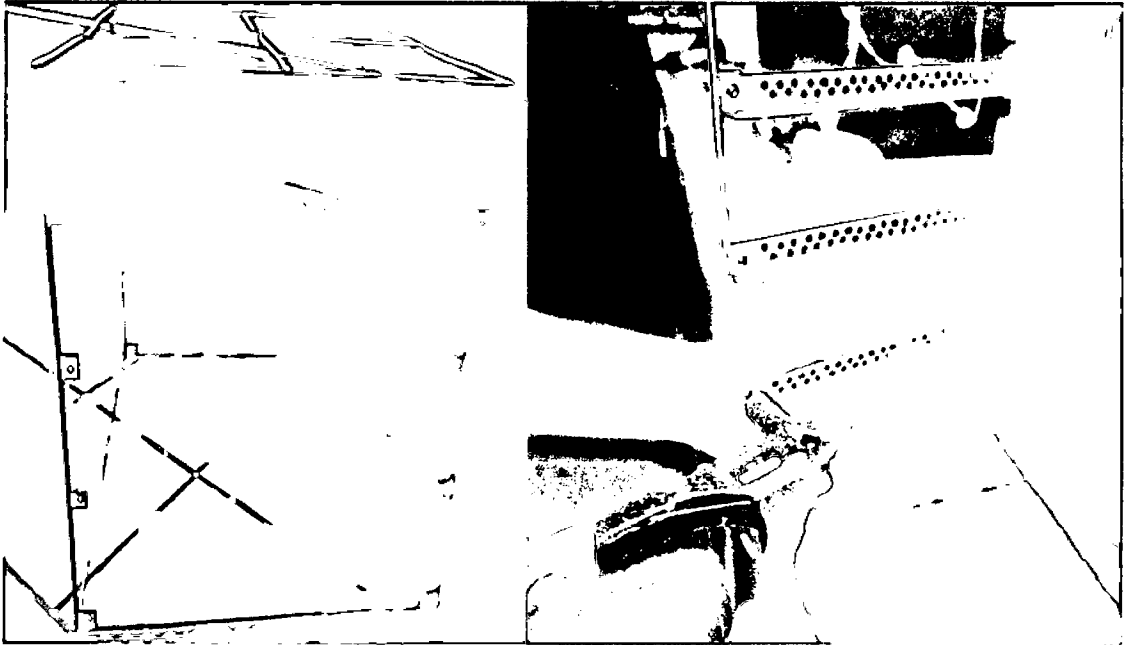


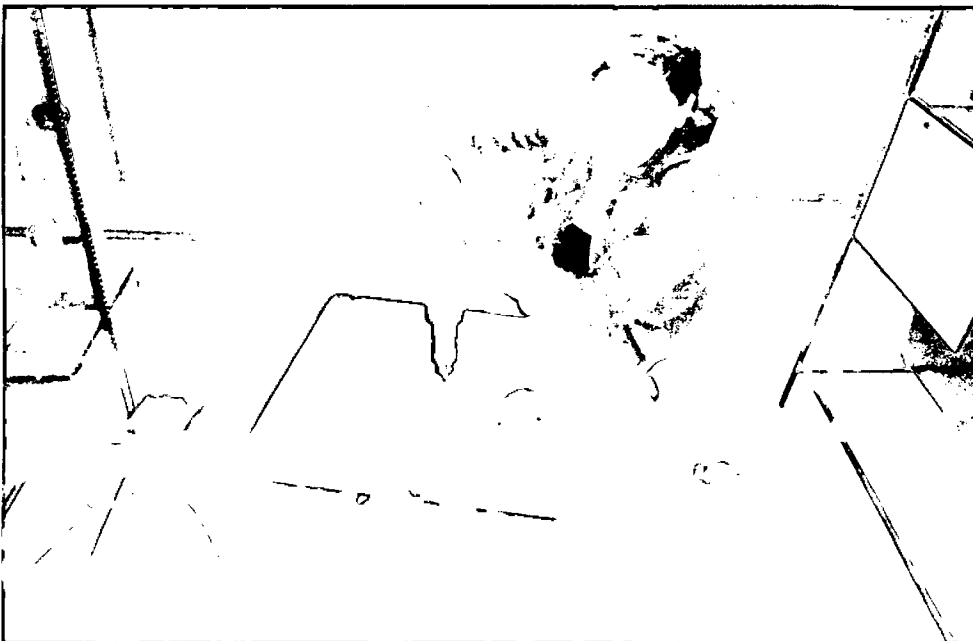
Figura 13. Velocidad de secado en función de la humedad promedio ($T = 60^\circ\text{C}$ y $V = 3,0$; $3,5$ y $4,0 \text{ m/s}$).

ANEXO 8

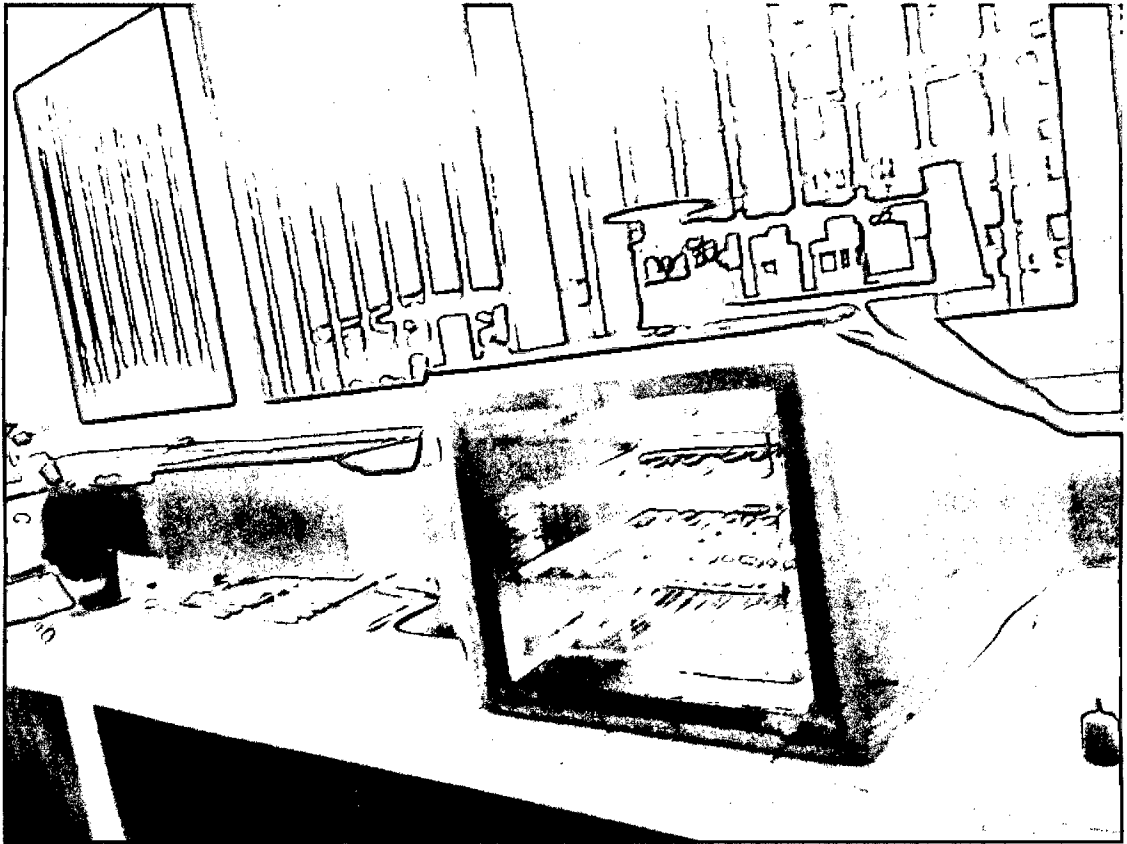
Acondicionamiento del secador de bandejas



Fotografía 1. Soporte de las bandejas del secador.



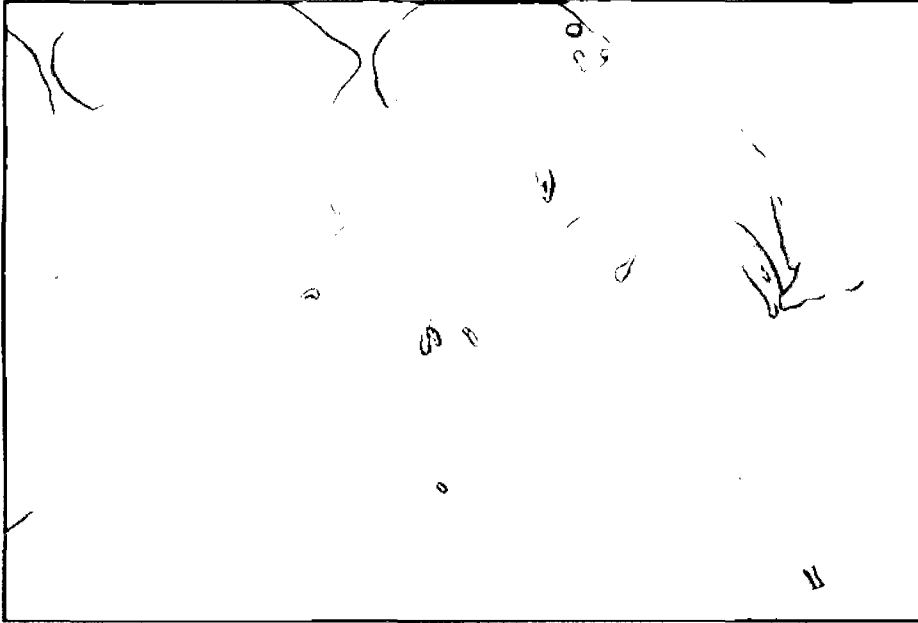
Fotografía 2. Acondicionamiento de la cámara de secado para colocar la balanza de triple brazo.



Fotografía 3. Secador de bandejas del Laboratorio de Ingeniería de UNTRM-A

ANEXO 9

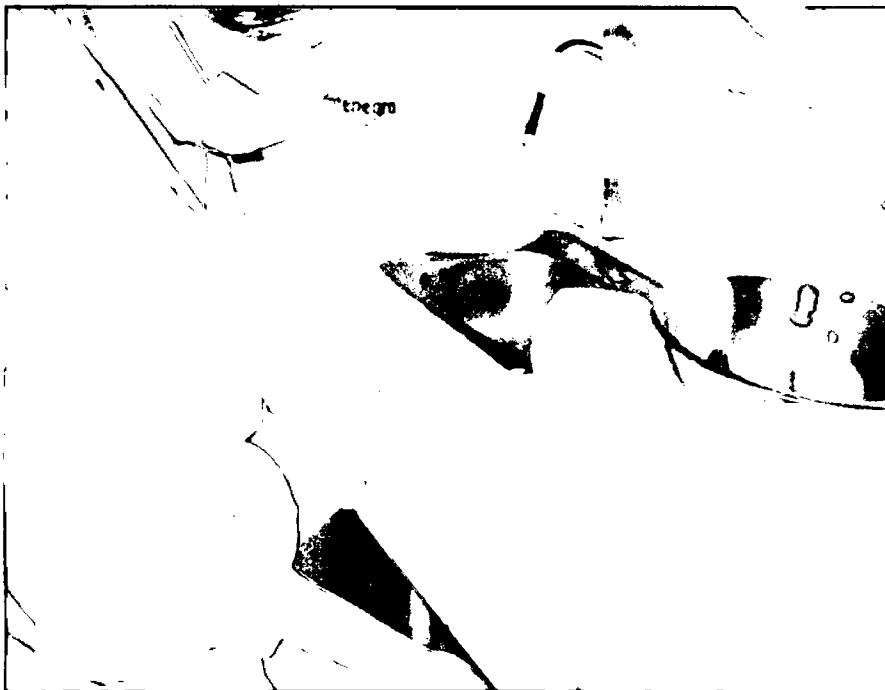
Secuencia fotográfica del secado de tiras de papayita de monte



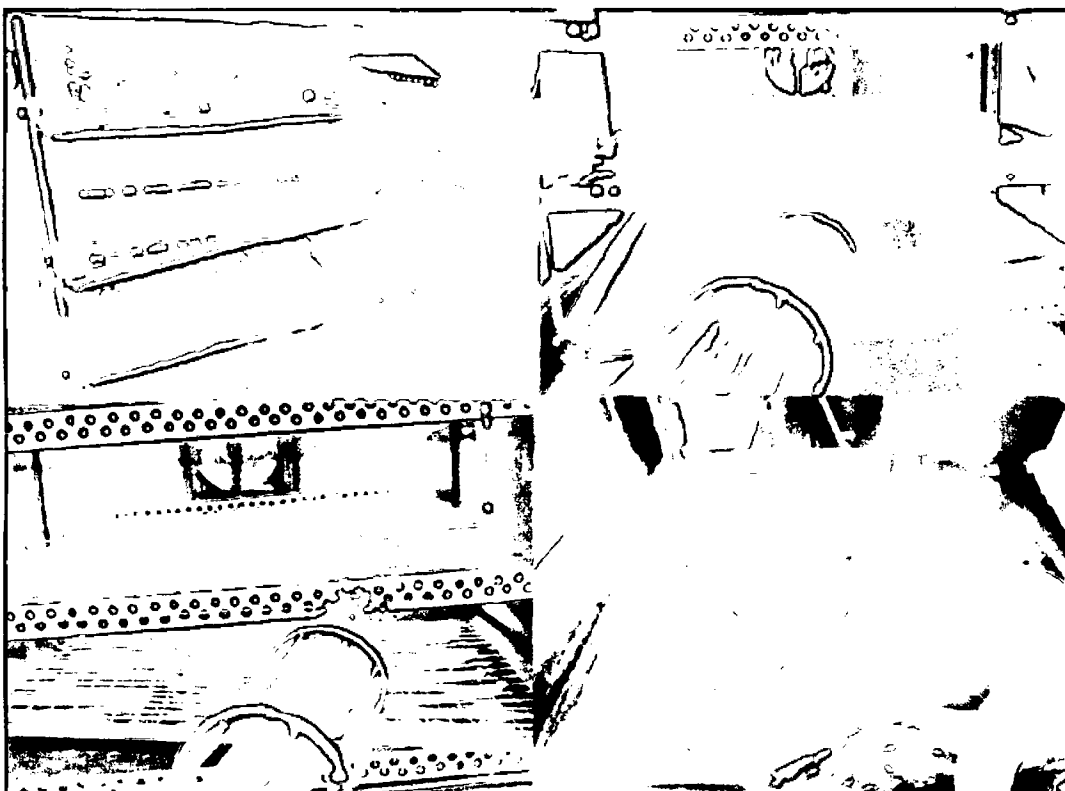
Fotografía 4. Selección de la materia prima.



Fotografía 5. Pelado de la materia prima.



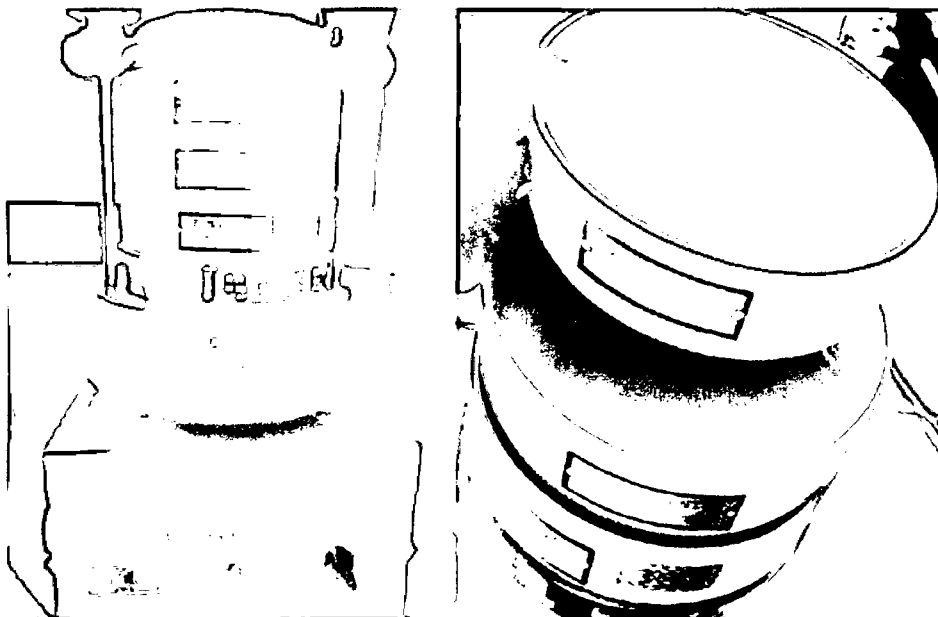
Fotografía 6. Cortado de papayita de monte en tiras.



Fotografía 7. Tiras de papayita de monte secándose en el secador de bandejas.



Fotografía 8. Obtención de harina de papayita de monte.



Fotografía 9. Tamizado de la harina de papayita de monte.

ANEXO 10

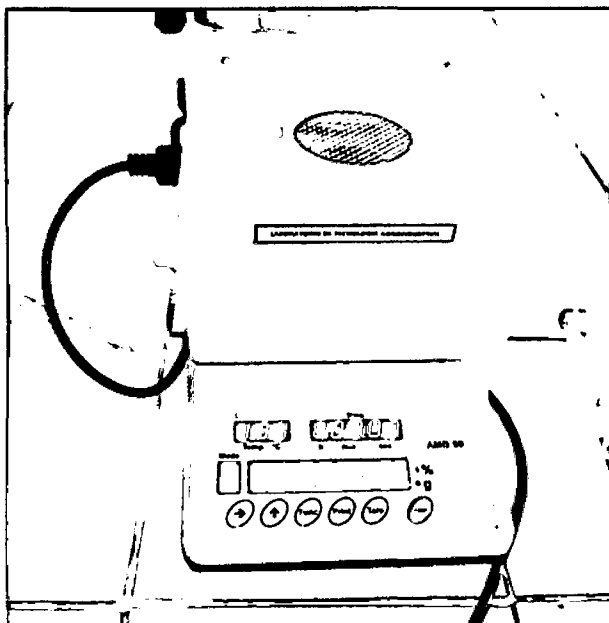
Secuencia fotográfica del análisis fisicoquímico de la pulpa y harina de papayita de monte



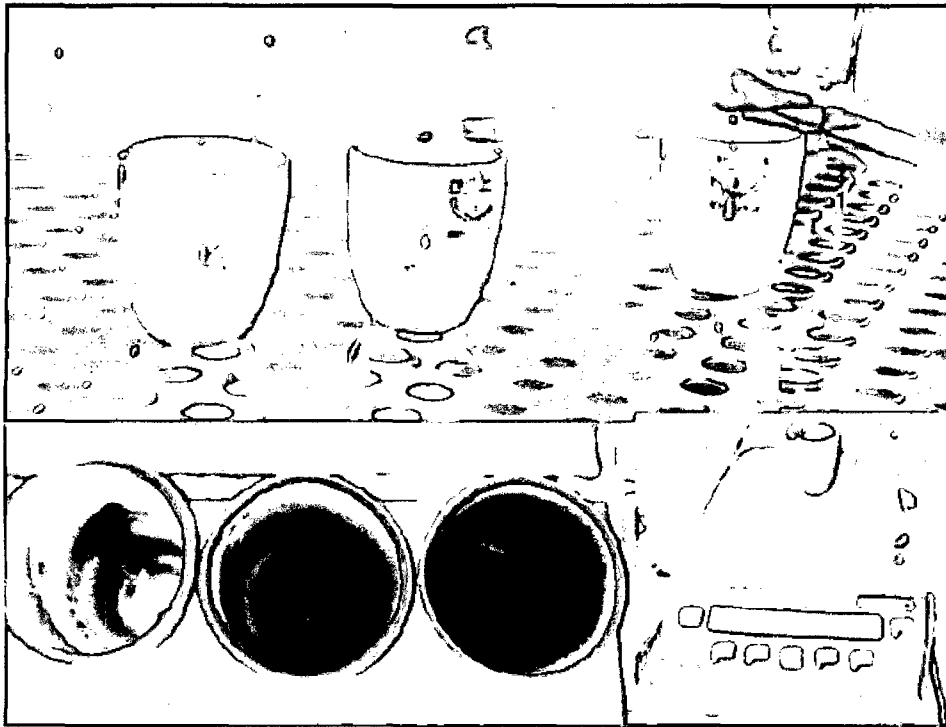
Fotografía 10. Determinación de vitamina C.



Fotografía 11. Medición del pH y °Brix.



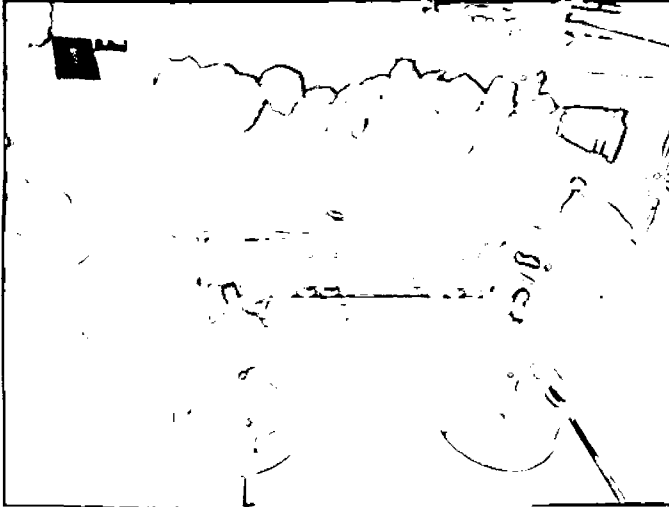
Fotografía 12. Determinación del porcentaje de humedad.



Fotografía 13. Determinación de cenizas.

ANEXO 11

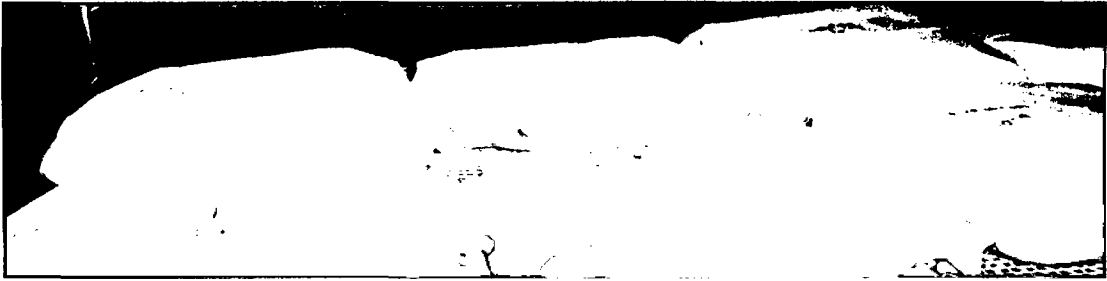
Secuencia fotográfica del análisis microbiológico de la harina de papayita de monte



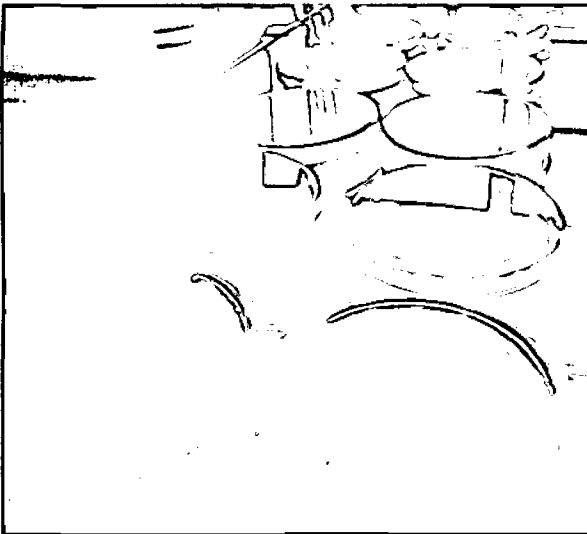
Fotografía 14. Diluciones de la harina de papayita de monte.



Fotografía 15. Sembrado en las placas Petri.



Fotografía 16. Incubación de las placas a temperatura ambiente.



Fotografía 17. Recuento de unidades formadoras de colonias.



Fotografía 18. Tinción simple.

ANEXO 12

FORMATO TEST ESCALA HEDÓNICA

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Producto: yogurt de papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*)

Por favor pruebe cada una de las muestras y califique Ud. el color, aroma, sabor y consistencia de acuerdo a la siguiente escala:

- Me gusta muchísimo = 9
- Me gusta mucho = 8
- Me gusta moderadamente = 7
- Me gusta ligeramente = 6
- No me gusta ni me disgusta = 5
- Me disgusta ligeramente = 4
- Me disgusta moderadamente = 3
- Me disgusta mucho = 2
- Me disgusta muchísimo = 1

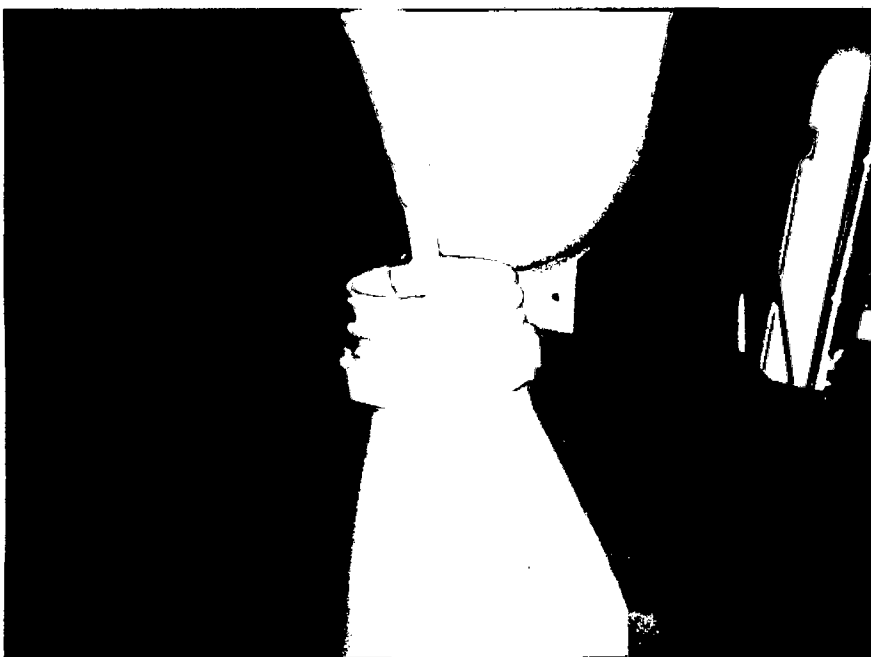
Muestra	Color	Aroma	Sabor	Consistencia
1				
2				

Comentarios:

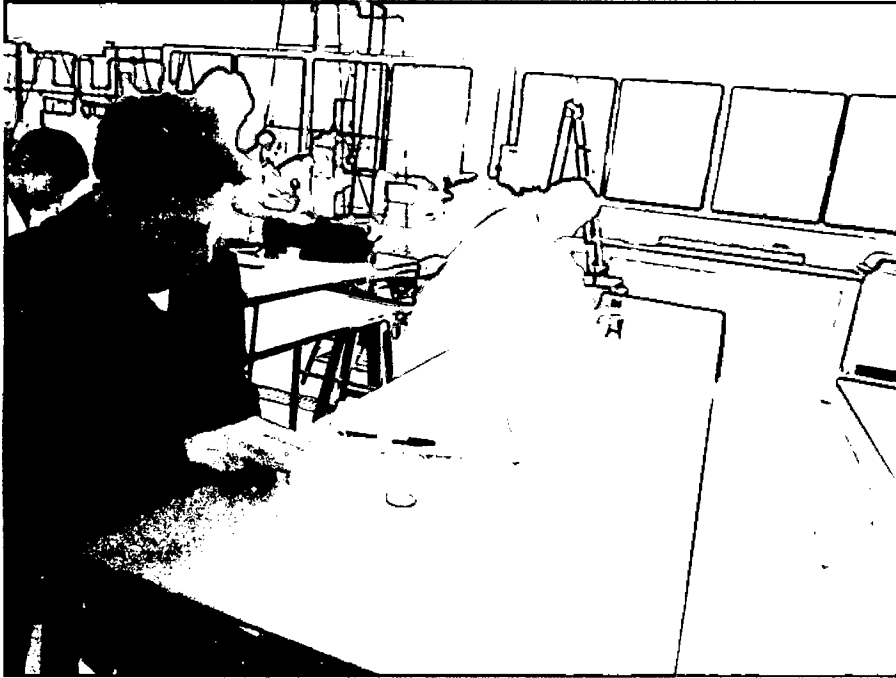
.....
.....
.....



Fotografía 19. Elaboración de yogurt saborizado con harina de papayita.



Fotografía 20. Envasado de yogurt.



Fotografía 21. Panelistas evaluando el yogurt.

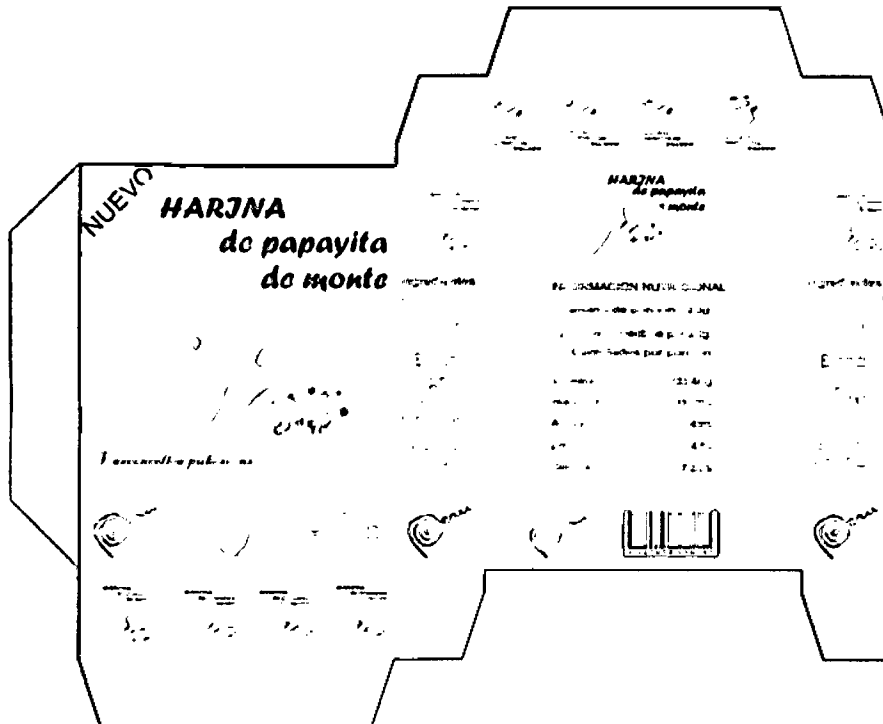


Figura 14. Empaque para harina de papayita de monte.