Influencia de velocidad y temperatura del aire en harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) con máxima vitamina C

Santos Pedraza Guevara (Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas) guevara@alunos.utfpr.edu.br
Maria Helene Canteri (Universidade Tecnológica Federal de Paraná) canteri.mhg@gmail.com

Resumen:
El objetivo fue determinar la influencia de velocidad y temperatura de aire en la obtención de harina de guayaba (*Psidium guajava* L.) con máximo contenido de vitamina C. Se recolectaron de Rodríguez de Mendoza Amazonas Perú, frutos de dos variedades (blanca y rosada) 14,57 (índice de madurez). Se secó el mesocarpio en secador de bandejas a tres temperaturas (t_1=40, t_2=50 y t_3=60 ºC) y velocidades de aire (v_1=3,0; v_2=3,5 y v_3=4,0 m/s), transcurrido tres horas, se molió. Se determinó vitamina C por iodometría. Se empleó un DCA (Diseño Completamente al Azar) del tipo 3Ax3B con tres réplicas, para determinar contenido de vitamina se efectuó análisis de varianza y prueba Tukey (95%). El mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g) se obtuvo empleando temperatura de 50 ºC y 3,5 m/s de velocidad, mostrando color característico. De ésta harina se realizó el análisis físico-químico después de 30 días, con resultados de 11,11 % de humedad, acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico 0,201 %; pH 4,09; sólidos solubles de 4º Brix y 3,19 % de cenizas. No hubo crecimiento microbiológico a los 3, 4, 5 y 7 días de incubación; a los 9 días se mostró un crecimiento de 2,5x10 ufc/g de mohos y 2,1x10^{2}ufc/g de levaduras.
Palabras claves: Psidium guajava L., secado, harina de guayaba, vitamina C.

Influence of speed and temperature of the flour air of guayaba (Psidium guajava L.) with maximum vitamin C

Abstract
The objective was to determine the influence of speed and temperature of air in obtaining flour of guayaba (Psidium guajava L.). With maximum vitamin content C. they collected of Rodriguez of Mendoza Amazonas Peru, fruits of two varieties (white and pink) 14.57 (maturity index). mesocarp was dried in tray dryer at three temperatures (t_1=40, t2=50 and t_3=60 ºC) and speeds of air (v_1=3,0; v_2=3,5 and v_3=4,0 m/s), after three hours, was milled. Vitamin C was determined by iodometry. Was used DCA (completely randomized design) of the 3Ax3B type with three retorts, to determine vitamin content took place ANOVA and Tukey test (95%). The greater vitamin content C (168.33 mg/100 g) was obtained using temperature of 50 ºC and 3.5 m/s of speed, showing characteristic color. Of this one flour the analysis was made physical-chemistry after 30 days, with results of 11.11 % of humidity, percentage titratable acidity in citric acid 0.201 %; pH 4,09; soluble solids of 4ºBrix and 3.19 % of ashes. There was no microbiological growth at 3, 4, 5 and 7 days incubation; to the 9 days was growth of 2,5x10 ufc/g of fungus and 2,1x102ufc/g of leavenings.
Key-words: Psidium guajava L., drying, guava flour, vitamin C.

1. Introducción

En el Perú existen frutos tropicales de variadas características para ser aprovechados industrialmente, naranjas, maracuyás, camu camu, limones, guayabas, etc., sobre los cuales es necesario realizar estudios para dar valor agregado (Nemirovsky *et al.*, 2014). Desde el

descubrimiento de las vitaminas básicas y sus múltiples formas, se ha generado y publicado información sobre su retención en los alimentos tras manipulación, post-recolección, procesado comercial, distribución, almacenamiento y preparación (Fennema, 2000).

El ácido ascórbico (AA) es un nutrimento esencial para humanos, una baja ingesta causa enfermedad, por deficiencia, conocida como escorbuto, además, que es un producto dietético para la obesidad y medicinal gastrointestinales trastornos (úlcera gástrica) (Freire *et al.*, 2013). Este ácido está presente en forma natural en muchas frutas y verduras, además, estos alimentos son ricos en vitaminas antioxidantes, compuestos fenólicos y carotenos (Vieira *et al.*, 2011); su determinación por técnicas sensibles y rápidas, es importante para evaluar su estabilidad en diferentes alimentos. Actualmente la búsqueda de fuentes naturales de AA, reviste gran interés por las características antioxidantes de la vitamina; la guayaba (*Psidium guajava* L.) fruta que se caracteriza por un alto contenido en vitamina C, es una especie nativa que crece en las regiones tropicales de América, Asia y Oceanía y su origen probablemente está entre México y Perú (CORPOICA, 2009). (Vieira *et al.*, 2011) De América del sur, Brasil es el tercer mayor productor de la variedad roja comercial (FAOSTAT, 2013) después de China y la India 22.699 Kg/ha de rendimiento medio (IBGE – PAM, 2014).

Pertenece a la familia de las Mirtáceas; registra contenidos promedio 350 mg de vitamina C por 100 g de fruta comestible, y 112,17 mg 100 g^{-1} en harina liofilizada (Vieira *et al.*, 2011; Freire *et al.*, 2012), además de K. Presenta valores de pH entre 3,1 a 4,1; este parámetro favorece la estabilidad del AA en la fruta, frente a procesos de oxidación, tratamientos térmicos, exposición a la radiación, etc. (Moreiras *et al.*, 2007).
En el Perú se cultiva mayormente en regiones tropicales con mayor relevancia el norte, también se produce en la región Amazonas, por lo que hace necesario buscar alternativas de transformación tal que obtengan productos sostenibles. Es una fruta estacionaria y sólo se produce a mediados de febrero hasta mediados de julio, observándose una mayor producción de marzo a mayo (MINAG, 2012).
En nuestro país no se industrializa posiblemente por problemas de mosca de la fruta (*Anastrepha sp.*), barrenador del fruto (*Olethrentidae*); se consume poco en fresco y mayormente es consumido en conservas elaboradas de manera artesanal. En el Perú, es un arbusto nativo cultivado desde la época prehispánica (Egg, 2004). Se produce en San Martín, Loreto, Huánuco, Junín, Lima (Chosica), Cuzco y Amazonas (Brack, 2003). Las que se comercializan en Europa se importan principalmente de Sudáfrica y Brasil. Comercialmente, se agrupan en blancas y rojas, según el color de la pulpa. En el Perú son dos las principales variedades, una de pulpa roja y otra de pulpa blanca, otras que existen de pulpa color amarillento, rosado o rojo encendido.

2. Material y Métodos

Materia prima:

Guayaba (*Psidium guajava* L.) con madurez fisiológica (índice de madurez 14,57), proveniente de la provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas. Los Análisis físicoquímicos y microbiológicos en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Procedimiento de secado de mesocarpio de guayaba

Se usó secador de bandejas, éste emplea un soplador de aire que permite fijar las velocidades de trabajo (v_1: 3,0; v_2: 3,5 y v_3: 4,0 m/s) se midieron con un anemómetro digital en la boca de salida del aire. El soplador fuerza el aire a través de la cámara en la que calienta a las temperaturas de trabajo (t_1: 40 ºC, t_2: 50 ºC y t_3: 60 ºC), el procedimiento fue el siguiente:

a) Se encendió el soplador del secador de bandejas y se giró la perilla de control de velocidad hasta la mitad. Se encendió las resistencias eléctricas.
b) Se preseleccionó y se midió la temperatura a la entrada y salida de la cámara de secado (con termómetro digital) a temperatura seleccionada, en la cabina de secado en condiciones estacionarias. Se pesó sistema soporte y bandejas. Se registró el dato **PB** (peso de bandeja).
c) Se colocó 66,67 g de rodajas de guayaba (0,5 cm de espesor) en cada una de las bandejas haciendo un total de 200 g en las 3 bandejas, y se introdujo en el secador. El peso de las 3 bandejas, el soporte y las muestras (rodajas de mesocarpio de guayabas) colocadas en ellas se midió directamente con la balanza y se anotó en la columna **P1** del cuadro de resultados.
d) Durante el tiempo de secado se midió temperatura y velocidad del aire cada 5 min, para verificar que el secado se realice a condiciones estacionarias.
e) Se pesó el sistema de 3 bandejas, soporte y muestras; cada 5 min (**P1** al tiempo **t**).
f) Se apagó el secador cuando la diferencia entre pesadas fue muy pequeña. Finalmente se trasladó las bandejas con su contenido a la estufa para secar completamente las rodajas, es decir hasta peso constante (Coultate *et al.*) a 90 ºC, para determinar peso seco (**S**).
g) Se calculó peso de la guayaba seca al tiempo t: (P2 = P1 – PB). Se calculó: humedad residual: Yr = (P2 – S)/S. Se calculó velocidad de secado: -dY/dt = (Yi – Yi+1)/(ti – ti + 1). Se calculó humedad promedio: Ym = (Yi + Yi+1)/2. Se graficó peso de las rodajas de guayaba (P2) Vs tiempo. Se graficó humedad residual (Yr) Vs tiempo. Se determinó gráficamente el tiempo crítico de secado. Se graficó dY/dt Vs humedad promedio (Montgomery e Myers). Se determinó gráficamente Yc y Yeq.

Etapas de procesos de secado de guayaba

a) Recepción: de forma aleatoria, se seleccionaron plantas de guayaba, de ellas se recolectó 30 frutos en estado pintón, sanos y limpios de cualquier materia extraña visible.
b) Selección: se separó los frutos de guayabas en función del grado de madurez fisiológica con color amarillo verdoso en más del 50 % de la fruta, tamaño mediano (25 mm de diámetro y 30-42 mm de longitud, 35-60 g en peso), sanas y aptas para secar, con finalidad de obtener lotes uniformes y cumpla con índice de madurez (ºBrix/% acidez) de 14,57.
c) Lavado: se eliminó contaminantes adheridos al fruto, como: tierra, arena, polvo y demás componentes indeseados en la superficie, utilizando corriente de agua clorada.
d) Pelado: se manera manual utilizando cuchillo de acero inoxidable, se eliminó la piel o cáscara del mesocarpio de guayaba. Se separaron semillas con el objeto de obtener un mesocarpio listo para realizar su análisis y secado.
e) Cortado: se cortó el mesocarpio de forma manual utilizando cuchillo de acero inoxidable obteniendo rodajas de 0,5 cm de espesor. Se pesaron 200 g de rodajas de mesocarpio, en tres bandejas del secador, de manera ordenada. Se pusieron las bandejas en su soporte de la cámara de secado del secador de bandejas.
f) Secado: por un tiempo suficiente hasta que la curva de la gráfica de peso frente al tiempo, tenga un comportamiento asintótico con respecto al eje X (tiempo); en el secador de bandejas hasta obtener mesocarpio deshidratado. Molienda: en un molino de granos.
g) Tamizado: se empleó zaranda de malla 100, con lo que se logró obtener harina fina.
h) Envasado y etiquetado: fueron envasadas en bolsas de polietileno de cierre hermético. Se almacenaron a sombra, a temperatura ambiente, evitando que estuvieran expuestas a olores fuertes. Figura 1 muestra las etapas del flujograma.

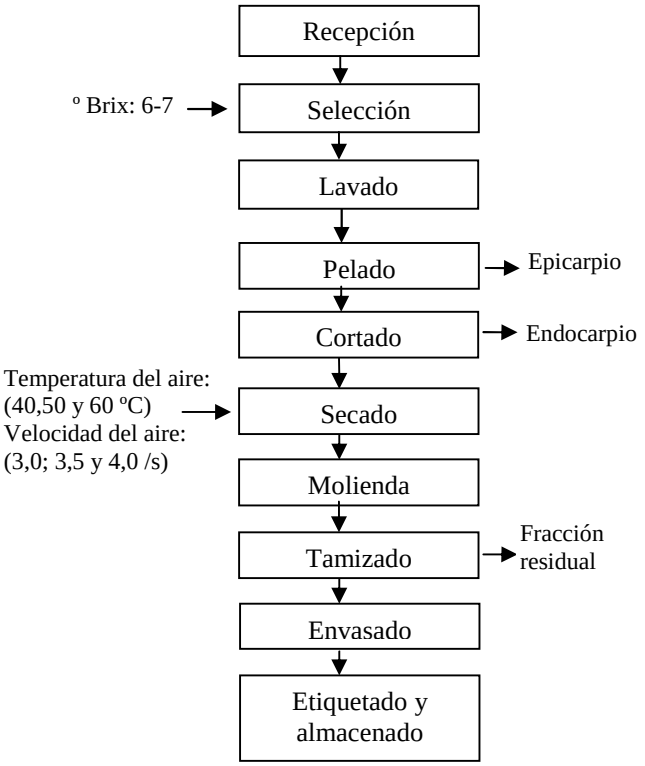


Figura 1: Flujo experimental para obtención de harina de guayaba.

Evaluación físicoquímica y microbiológica de harina

Se realizó el análisis de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP) para harina común, norma del CODEX para la harina de yuca (*Manihot sculenta*) comestible, harina de lúcuma (*Pouteria lúcuma* L.) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*). El análisis físicoquímico en fruto fresco y en harina de guayaba con mayor contenido de vitamina C, siguiendo métodos oficiales para determinar: humedad, pH, acidez titulable, cenizas y vitamina C. Asimismo, a los 30 días de almacenada se realizó la evaluación microbiológica para determinar fungos y levaduras en la harina de guayaba.

Determinación de vitamina C

Se empleó la iodometría (AOAC 967.21), según la NTP-INDECOPI. I_2 (iodo) en solución acuosa es un oxidante suave, oxida al ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico, usando como indicador una solución de almidón. Durante la titulación, mientras la muestra contenga ácido ascórbico se mantendrá incolora; cuando se haya oxidado, recién la muestra tomará color azul-negro debido a la reacción del almidón con el I_2.

Análisis realizados	Método	Referencia
Determinación de la humedad	NTP-205.037: 1975 estufa de 105 a 130 ºC	Método gravimétrico (AOAC, 1970).
Determinación de pH	NTP-205.039: 1975. Método AOAC, 1984 (potenciómetro).	
Acidez titulable	Método AOAC, 1970.	
Determinación de cenizas	NTP-205.038:1975 (AOAC, 1975).	
Presencia de Fungos	Técnica por difusión	Muntañola *et al*., 1999; Ahmed y Carlstrom 2006
Levaduras	Conteo en placa	Norma Oficial Mexicana. NOM-111-SSA1-1994; y Muntañola *et al*., 1999; Ahmed y Carlstrom, 2006).

Fuente: elaboración propia

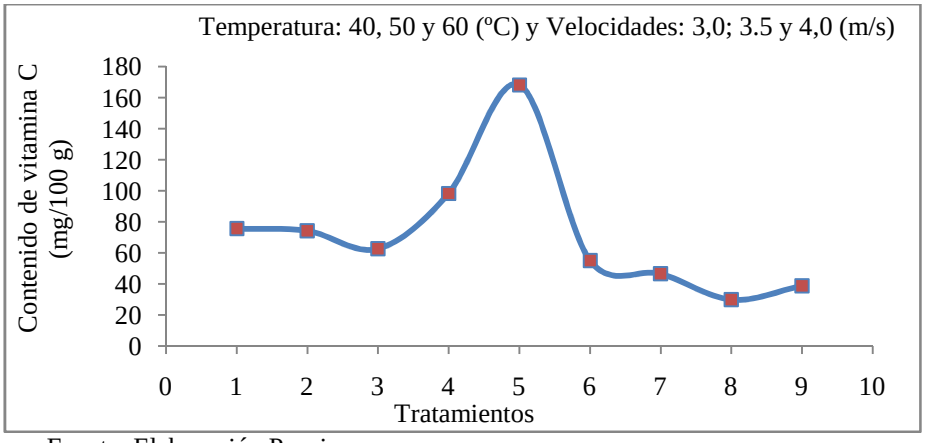
Diseño experimental

Se empleó un experimento factorial del tipo 3Ax3B bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), siendo el factor A temperatura de secado de la guayaba (t_1=40, t_2=50 y t_3=60 ºC), y el factor B velocidad de secado de la guayaba (v_1=3,0; v_2=3,5 y v_3=4,0 m/s), para las tres repeticiones. Se utilizó la prueba Tukey para determinar temperatura y velocidad del aire, que permitió obtener harina de guayaba con máximo contenido de vitamina C.

3. Resultados

1.1. Contenido de vitamina C

La Tabla 1 y Figura 2, muestran resultados del contenido de vitamina C en harina de guayaba, obtenida a cada temperatura y velocidad del aire de secado evaluadas. En base a la comparación de tratamientos podemos decir que existen ocho grupos con resultados de diferencia homogéneos. El grupo de menor valor, es decir el que posee el menor contenido de vitamina C (29,86 mg/100 g harina) es el tratamiento t_3 (v_2). Temperatura del aire de 60 ºC y la velocidad del aire de 3,5 m/s. El grupo de mayor valor, es decir el que posee el mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g harina) es el tratamiento t_2 (v_2). Temperatura del aire de 50 °C con la velocidad del aire de 3,5 m/s; por lo que será el recomendado y además da el color característico de la guayaba.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2: Contenido de vitamina C (mg/100 g de harina de guayaba) obtenidas por tratamiento estudiado.

Tratamientos		Repeticiones			$\overline{X}$ Contenido de Vit. C (mg/100 g)	Significancia (0,05)
Temperatura	Velocidad	1	2	3		
40 º C	3,0 m/s	86,90	46,75	93,50	75,72	bcdefg
	3,5 m/s	67,10	73,15	82,50	74,25	bcdef
	4,0 m/s	60,50	67,10	60,50	62,70	abcde
50 º C	3,0 m/s	120,27	78,10	96,98	98,45	efg
	3,5 m/s	154,75	163,73	186,51	168,33	h
	4,0 m/s	48,75	83,49	33,00	55,08	abcd
60 º C	3,0 m/s	52,25	61,60	26,11	46,65	abc
	3,5 m/s	44,00	15,40	30,19	29,86	a
	4,0 m/s	55,00	41,25	19,99	38,75	ab

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Contenido de vitamina C en 100 g de harina de guayaba obtenidas por tratamiento

1.2. Cinética de secado

	T	P1	P2=P1-PB	(P2-S)/S	dY/dt	Ym
Nº	Tiempo (min)	Peso bandejas + guayabas al tiempo t (Vieira *et al.*)	Peso guayabas al tiempo t (Vieira *et al.*)	Humedad residual (g agua/g guayaba seca) Yr	Velocidad de secado (g agua/g ss.min)	Humedad promedio (g agua/g guayaba seca)
1	0	1036,88	200,43	5,12	0,042	5,015
2	5	1030,00	193,55	4,91	0,056	4,770
3	10	1020,83	184,38	4,63	0,140	4,280
4	15	997,91	161,46	3,93	0,062	3,775
5	20	987,76	151,31	3,62	0,040	3,520
6	25	981,21	144,76	3,42	0,076	3,230
7	30	968,76	132,31	3,04	0,020	2,990
8	35	965,49	129,04	2,94	0,086	2,725
9	40	951,40	114,95	2,51	0,044	2,400
10	45	944,20	107,75	2,29	0,046	2,175
11	50	936,67	100,22	2,06	0,040	1,960
12	55	930,12	93,67	1,86	0,040	1,760
13	60	923,57	87,12	1,66	0,026	1,595
14	65	919,31	82,86	1,53	0,032	1,450
15	70	914,07	77,62	1,37	0,034	1,285
16	75	908,50	72,05	1,20	0,040	1,100
17	80	901,95	65,50	1,00	0,006	0,985
18	85	900,97	64,52	0,97	0,024	0,910
19	90	897,04	60,59	0,85	0,014	0,815
20	95	894,75	58,30	0,78	0,018	0,735
21	100	891,80	55,35	0,69	0,006	0,675
22	105	890,82	54,37	0,66	0,006	0,645
23	110	889,83	53,38	0,63	0,004	0,620
24	115	889,18	52,73	0,61	0,018	0,565
25	120	886,23	49,78	0,52	0,006	0,505
26	125	885,25	48,80	0,49	0,014	0,455
27	130	882,96	46,51	0,42	0,010	0,395
28	135	881,32	44,87	0,37	0,004	0,360
29	140	880,66	44,21	0,35	0,004	0,340
30	145	880,01	43,56	0,33	0,004	0,320
31	150	879,35	42,90	0,31	0,004	0,300
32	155	878,70	42,25	0,29	0,004	0,280
33	160	878,04	41,59	0,27	0,006	0,255
34	165	877,06	40,61	0,24	0,004	0,230
35	170	876,41	39,96	0,22	0,006	0,205
36	175	875,42	38,97	0,19	0,008	0,170
37	180	874,11	37,66	0,15	0,004	0,140
38	185	873,46	37,01	0,13	0,002	0,125

Fuente: Elaboración propia (Tabla 1)

Tabla 2: Cinética de secado, rodajas de mesocarpio de guayaba temperatura de 50 ºC y velocidad de aire de 3,5 m/s. Peso Bandeja: PB= 836,45g Peso Seco: S = 32,75g

La Figura 3 muestra la tendencia de humedad residual frente al tiempo de las corridas experimentales a 50 ºC y velocidad de 3,0; 3,5 y 4,0 m/s. Se aprecia que la humedad crítica (Yc) fue 1,25 g de agua/g guayaba seca y la humedad de equilibrio (Yeq) fue 0,13 g de agua/g guayaba seca, valores que no han variado a pesar de aplicar tres diferentes velocidades de aire de secado, a la misma temperatura; lo que no ocurre con el tiempo crítico (Tc) el cual disminuye conforme aumenta la velocidad del aire de secado. La harina de guayaba con

mayor contenido de vitamina C se ha obtenido por secado de mesocarpio de este fruto con aire a 50 ºC y velocidad de 3,5 m/s cuyo tiempo crítico (Tc) fue de 71 minutos.

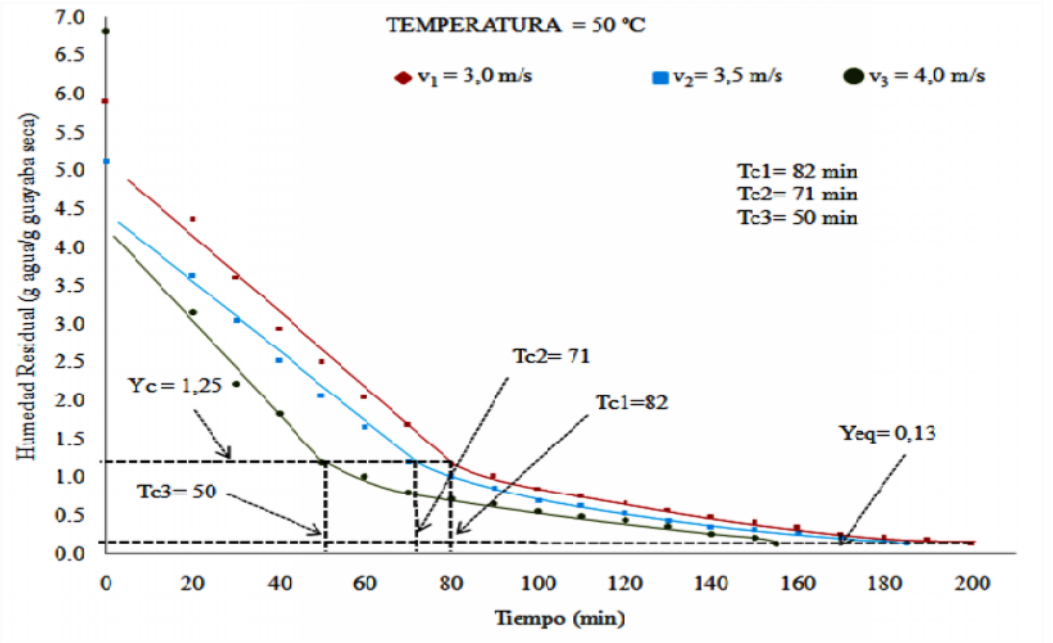


Figura 3: Humedad residual en función del tiempo (t: 50 ºC; v_1: 3,0 m/s; v_2: 3,5 m/s; v_3: 4,0 m/s), de Tabla 2.

Para determinación de la velocidad de secado se graficó (dy/dt) en función del contenido de humedad promedio, como se muestra en la Figura 4 para temperatura de 50 ºC y velocidades del aire 3,0 m/s; 3,5 m/s y 4,0 m/s. Para velocidad de aire 3,5 m/s, la velocidad de secado fue de 0,15 g agua/g guayaba seca/min.

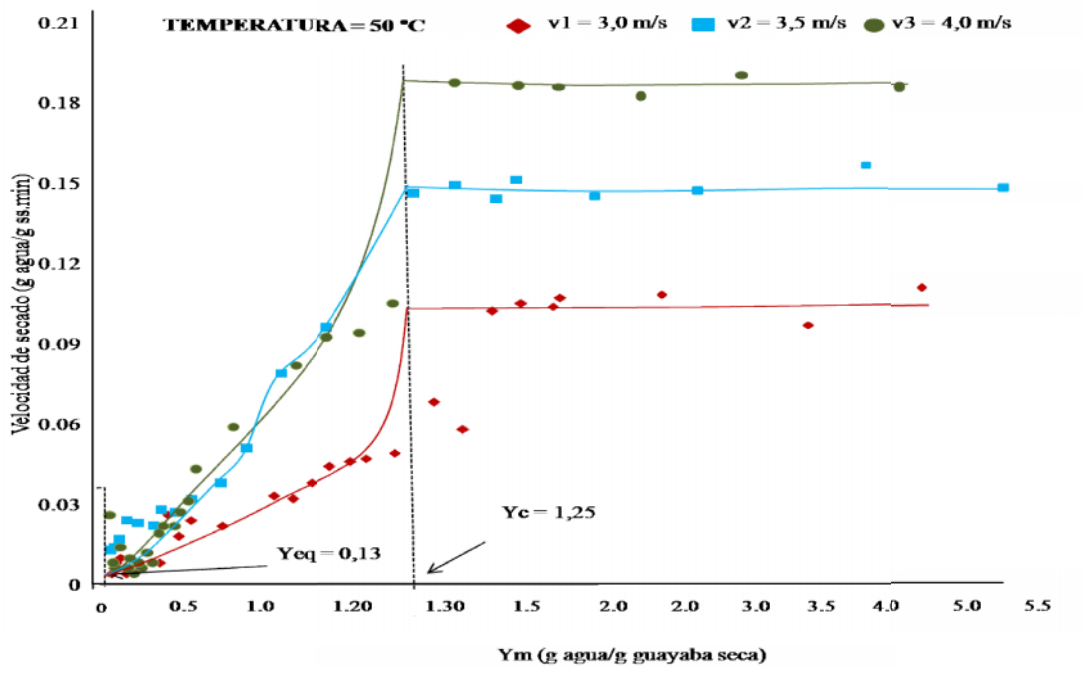


Figura 4: Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio (t: 50 ºC; v_1:3,0 m/s; v_2:3,5 m/s; v_3:4,0 m/s), de Tabla 2.

Rendimiento en harina de guayaba

El rendimiento promedio de rodajas de mesocarpio de guayaba en estado de madurez sazón listo para secar fue del 42,32 %. El 41,12% es pulpa y semillas y el 16,56% es cáscara. El rendimiento de mesocarpio seco fue del 16,50 % de harina de guayaba.

Con respecto a la fruta entera, el rendimiento de harina fue del 6,98 % (16,5 g de harina en 100 gramos de mesocarpio).

Características físicoquímicas de guayaba sazón y harina de guayaba

Se realizó el análisis de fruta fresca y la harina con mayor contenido de vitamina C obtenida a temperatura de 50 ºC y velocidad del aire de 3,5 m/s, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.

Característica	Fruta sazón ($\bar{X}^{**}$)	Harina de guayaba ($\bar{X}^{**}$)
*Humedad (%)	80,05	11,11
pH	3,394	4,098
Acidez titulable (%)	0,446	0,201
º Brix (sólidos solubles)	6,50	4,00
Cenizas (%)	0,3175	3,1949
Sólidos totales (%)	19,65	88,77
Vitamina C (mg /100 g)	487,44	$168,33 \pm 0,26$

Fuente: elaboración propia
* (Base húmeda), ** Promedios de tres repeticiones.

Tabla 3: Análisis de fruta fresca y harina de guayaba.

Análisis microbiológico de harina de guayaba

Harina con mayor contenido de vitamina C, almacenada por 30 días. Se incubó placas Petri sembradas a 37 °C durante 9 días. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Temperatura de incubación de la muestra	Fungos	Levaduras
37º C (temperatura ambiente)	2,5x10 ufc/g	$2,10x10^2$ ufc/g

ufc: unidades formadoras de colonias

Tabla 4: Análisis microbiológico de harina de guayaba obtenida por secado a 50 ºC y 3,5 m/s de velocidad de aire.

4. Discusión

El rendimiento promedio de mesocarpio de guayaba blanca-rosada (recolectada en estado sazón con un índice de madurez de 14,57) fue de 42,32 %. El 41,12 % correspondió a pulpa y semillas, y el 16,56 % fue cáscara. Con respecto a la fruta entera, el rendimiento en harina fue de 6,98 %. Similar rendimiento (mesocarpio 49 %; cáscara, pulpa y semillas 51 %) encontró Vargas (2004) en guayaba blanca. La cáscara le confiere otro color y sabor, las semillas tienen otros componentes (aceites), y la pulpa puede contener el barrenador del fruto.

Las rebanadas de mesocarpio de guayaba secadas en secador de bandejas a temperatura de 50 ºC y velocidad de aire de 3,5 m/s, tienen el mayor contenido de vitamina C en la harina obtenida por molienda de este mesocarpio seco. La operación de secado a una temperatura de 60 ºC y a tres velocidades ensayadas no permite conservar un buen contenido de vitamina C en el mesocarpio seco, debido a la sensibilidad del ácido ascórbico a altas temperaturas. La

actividad del agua, el color y la vitamina C muestra una fuerte dependencia de la temperatura (Kek *et al.*, 2014). El secado a 40°C requiere mayor tiempo de secado, esto hace que la fruta se exponga al medio, se oxide y provoque la pérdida de vitamina C. De acuerdo a Fennema (2000), las pérdidas de vitamina inducidas térmicamente dependen de la naturaleza y entorno químico del alimento (pH, humedad relativa, metales de transición, otros compuestos reactivos, concentraciones de oxígeno disuelto, etc.). El procesado afecta significativamente al contenido de vitamina, pero resulta conveniente desde el punto de vista tecnológico o de conservación (Ordóñez *et al*., 1998). Según Kek *et al.*, (2014) determinó un secado óptimo a temperatura de 70 °C a un grosor de corte de 6 mm, usando el método convencional de secado, obviamente la difusión del agua y la evaporación van a están en función del tamaño de corte (P <0,005), velocidad a ser secado, y la variedad (Uddin *et al.*, 2002; Kek *et al.*, 2014).

El estudio de tesis realizado en la UNTRM por Cruzalegui (2009), utilizó diferentes temperaturas y velocidades del aire en hojuelas de plátano (*Musa paradisiaca*, variedad inguiri) de espesor 0,5 cm, de sus resultados la temperatura óptima es de 50°C y velocidad de 3,5 m/s. Iguales condiciones, Barrena *et al* (2009) secó rodajas de lúcuma (*Pouteria lucuma* L.) de 0,3 cm de espesor, obteniendo harina de lúcuma de color similar a la pulpa de lúcuma fresca. Por lo que en la presente investigación se afirma que trabajar a temperaturas y velocidad de aire 50 ºC, 3,5 m/s respectivamente se obtiene harina de mesocarpio de guayaba con mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g).

En las Figuras 3 y 4, se observa que a una temperatura de secado de 50 ºC y una velocidad de 3,5 m/s, se empleó 3,05 horas en promedio, para alcanzar la humedad de equilibrio (Yeq) de 0,13 g de agua/g guayaba seca, la humedad crítica (Yc) fue de 1,25 g de agua/g guayaba seca, la que alcanzó a los 71 minutos. Ambos valores de humedad no han variado a pesar de aplicarse tres diferentes velocidades del aire de secado a la misma temperatura, lo que no ocurre con el tiempo crítico (Tc), el cual disminuye conforme aumenta la velocidad de aire de secado; esto se debe a que una mayor masa de aire permite el rápido retiro de la humedad, y concuerda a lo descrito por Vernon (2000) y lo encontrado por Cruzalegui (2008) y Barrena *et al* (2009). Según Ordoñez *et al* (1998), el secado de alimentos se podrá realizar hasta llegar a un equilibrio entre la interacción de la temperatura y la velocidad del aire de secado, lo cual resulta ventajoso en costo de operación, tiempo y condiciones de secado.

El mayor contenido de vitamina C fue de 168,33 mg/100 g de harina de guayaba, obtenida a partir de mesocarpio de guayaba blanca-rosada secada a 50 ºC y velocidad de 3,5 m/s, durante 100 minutos para llegar a una humedad final de 11,11% en base húmeda (Tabla 3). Además, la harina de guayaba tuvo un pH de 4,098 y acidez de 0,201 % en términos de ácido cítrico. Ordoñez (1998), señala que en medios ácidos, se desfavorece la oxidación del ácido ascórbico, compuesto que tiene la actividad vitamínica, siendo el intervalo de mayor estabilidad entre 2,5 y 5,5 de pH.

El contenido de cenizas de la harina de guayaba determinada en la presente investigación fue de 3,19 %. Como no existen NTP ni extranjeros para harina de guayaba, se tomó como referencia la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*)-Norma Técnica Boliviana, harina de lúcuma (*Pouteria lúcuma* L.)-MINAG, 2010 y harina de yuca (*Manihot sculenta*) comestible-CODEX, encontrándose que el contenido de cenizas de la harina de guayaba está dentro del rango permitido para las harinas mencionadas.

Para Lewis (1993), la cantidad de humedad de un alimento establece cuáles microorganismos

tendrán oportunidad de crecer. Los hongos pueden crecer en sustratos alimenticios con humedad tan baja como el 12 %; las bacterias y levaduras requieren niveles de humedad más altos, sobre el 30%; la harina de guayaba se encuentra con humedad del 11,11 %; es por eso que se encontraron levaduras en un orden de $2{,}1x10^2$ ufc/g y 2,5x10 ufc/g para mohos; ésta baja contaminación fúngica, puede deberse a hongos procedentes del ambiente durante el procesamiento de la harina o en su posterior almacenamiento. La harina de lúcuma debe contener mohos <100 ufc/g y levaduras <1000 ufc/g (MINAG, 2012); tomando ésta referencia, la harina de guayaba tiene mohos y levaduras menor a estos valores, después de 30 días de almacenamiento, por lo que su consumo como alimento no representa riesgo potencial a la salud humana y se puede emplear en la industria de alimentos debido a sus propiedades físicoquímicas y sensoriales.

5. Conclusiones

El rendimiento promedio de mesocarpio de guayaba blanca-rosada (recolectada en estado sazón con un índice de madurez de 14,57) fue del 42,32 %. El 41,12 % pulpa y semillas, y el 16,56 % cáscara. Con respecto a fruta entera el rendimiento de harina fue del 6,98 %. Con aire a 50ºC y 3,5 m/s, el tiempo de secado fue de 3,05 horas en promedio, alcanzando una humedad crítica (Yc) de 1,25 g de agua/g guayaba seca; la humedad de equilibrio (Yeq) de 0,13 g de agua/g guayaba seca y el tiempo crítico (Tc) fue de 71 minutos. El tratamiento $t_2(v_2)$, temperatura de aire de 50 ºC y velocidad del aire de 3,5 m/s permitió obtener mayor contenido de vitamina C (168,33 mg/100 g) en harina de guayaba a partir del mesocarpio, registrando valores de acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico 0,201 %; pH 4,09; porcentaje de cenizas de 3,19 %; sólidos solubles 4 ºBrix y humedad final en base húmeda de 11,11%. Los microorganismos encontrados con mayor incidencia en la harina de guayaba con mayor contenido de vitamina C analizada después de 30 días de almacenamiento, fueron levaduras en un orden de $2{,}1x10^2$ ufc/g y 2,5x10 ufc/g para mohos. La harina de guayaba, dada sus propiedades funcionales, puede ser utilizada como saborizante en productos tales como yogurt firme, ya que forma emulsiones (contiene fibra), así como en la elaboración de productos tipo postre, bebidas instantáneas y helados.

6. Referencias

AHMED E. Yousef y CARLSTROM Carolyn. "*Microbiología de los alimentos: Manual de laboratorio*". Editorial Acribia, S.A. 2006

AOAC-Association of Official Analytical Chemist. "*Official Methods of Analysis*".Vol. 1, Chapter 4, 15th Edition.Editedby Kenneth Helrich, Virginia, U.S.A. p. 69, 79. 1990.

ASTIASARÁN, Iciar y MARTÍNEZ, Alfredo J. "*Alimentos: composición y propiedades*". Editorial Interamericana, Mc Granw-Hill. 2daEdición Mc Graw-Hill, México. 2003.

BRACK EGG, Antonio. "*Frutas del Perú*". Editorial veritas, Lima. 2003.

BARRENA GURBILLÓN, Miguel A.; MAICELO QUINTANA, Jorge. L. GAMARRA TORRES, Oscar. A. y CÁRDENAS A. R. D. "*Cinética de secado de lúcuma* (*Pouteria lúcuma* L.)". Aporte Santiaguino, Revista Oficial de la UNASAM, V. 2, Nº 2, julio-diciembre. 271-281 ISSN 2070-836X. Huaraz-Perú. 2009.

COULTATE, T. P. et al. *Manual de química y bioquímica de los alimentos.* Acribia, ISBN 8420008435. 1998. CORPOICA (2009).

CRUZALEGUI FERNANDEZ Robert. J. "*Efecto de la temperatura y velocidad del aire de un secador de bandejas en la cinética de secado de hojuelas de plátano (Musa acuminata) variedad Inguiri*". Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 2008.

EGG, A. B. Perú: *Biodiversidad, pobreza y bionegocios.* PNUD, Disponível em: < https://books.google.es/books?id=wkpdAAAAMAAJ >. 2004.

FENNEMA, O. *Química de los alimentos.* Acribia. Zaragoza, España, p. 433-469, 2000.

FREIRE, J. M. et al. *Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas.* Revista Brasileira de Fruticultura, v. 34, p. 847-852, 2012. ISSN 0100-2945. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452012000300026&nrm=iso >.

FREIRE, J. M. et al. Evaluation of the protective effect of guava fruits and leaves on oxidative stress-doi: 10.4025/actascibiolsci. v36i1. 19839. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 36, n. 1, p. 35-40, 2013. ISSN 1807-863X.

FAOSTAT | © FAO *Dirección de Estadística* 2016 | 28 agostos 2016.

IBGE - *Produção Agrícola Municipal* (Ming *et al.*)

KEK, S. P.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. *Simultaneous time-temperature-thickness superposition theoretical and statistical modelling of convective drying of guava.* Journal of food science and technology, v. 51, n. 12, p. 3609-3622, 2014. ISSN 0022-1155.

LEWIS M. J. Propiedades de los alimentos y de los sistemas de procesado. Acribia, S.A., Zaragoza. 1993.

MINAG-Ministerio de agricultura. "*Estadística agraria-ejecución y perspectivas: campaña agrícola de la guayaba en la Región Amazonas años (2006-2009)*. 2010.

MING, R. et al. *The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (Carica papaya Linnaeus).* Nature, v. 452, n. 7190, p. 991-U7, Apr 2008. ISSN 0028-0836. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000255208600039 >.

MOREIRAS, Olga; CABRERA, Luisa; CUADRADO, Carmen. "*Tablas de composición de alimentos*". Ediciones Pirámide, 11ava edición, Madrid. 2007.

MONTGOMERY, D. C.; MYERS, R. H. *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments.* Raymond H. Meyers and Douglas C. Montgomery. A Wiley-Interscience Publications, 1995.

MUNTAÑOLA, María e INGLADA. "*Guía de los hongos microscópicos*". Editorial Omega, Barcelona-España. 1999.

NEMIROVSKY, Y. et al. *Negative effect of Camu-Camu (Myrciaria dubia) despite high vitamin C content on iron bioavailability, using a Caco-2 cell model*. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, v. 64, n. 1, p. 45-48, 2014. ISSN 2083-6007.

NORMA del CODEX para harina de yuca comestible (*Manihot sculentum*).2015.

ORDOÑEZ PEREDA, Juan A., CAMBERO, Isabel; FERNÁNDEZ, Leónides y GARCÍA DE FERNANDO, Gonzalo. *Tecnología de los Alimentos: Componentes de* los *alimentos y procesos*. Volumen I. Síntesis, S.A., Valle Hermoso-Madrid. 1998.

UDDIN, M. et al. *Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage*. Journal of Food Engineering, v. 51, n. 1, p. 21-26, 2002. ISSN 0260-8774.

VARGAS BOGRÁN, José Luis. "*Caracterización física y química de la guayaba blanca tailandesa (Psidium guajava* L.*) en tres etapas de madurez*". Proyecto presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado Académico de Licenciatura, Honduras: Zamorano Carrera de Agroindustria. 2004

VERNON C., J. "*Laboratorio de operaciones unitarias*". Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México. 2000.

VIEIRA, L. M. et al. *Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais*. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, p. 888-897, 2011. ISSN 0100-2945. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000300024&nrm=iso >.