

# DESHIDRATACIÓN DE GRANADILLA (*Passiflora ligularis* Juss) POR CONVECCIÓN FORZADA PARA ELABORACIÓN DE BEBIDAS AROMÁTICAS

## DEHYDRATION OF GRANADILLA (*Passiflora ligularis* Juss) FORCED CONVECTION FOR PRODUCTION OF AROMATIC BEVERAGES

Carlos J. Márquez C.<sup>1\*</sup>, Mirlet De J. Peláez S.<sup>1</sup>, Misael Cortes R.<sup>1</sup>  
Recibido el 17 de junio de septiembre de 2009 y aceptado el 20 de noviembre de 2009

### Resumen

Granadillas (*Passiflora ligularis* Juss) troceadas con la cáscara, en pulpa con semillas y en pulpa se caracterizaron físico-químicamente y se deshidrataron por convección forzada a 35, 50 y 65°C, se construyeron las curvas de secado, las cuales muestran un comportamiento exponencial, se determinó la humedad final de equilibrio, los tiempos de secado y las respectivas ecuaciones de ajuste. Los productos obtenidos mediante la deshidratación fueron sometidos a estudios granulométricos y se utilizaron para la elaboración de bebidas aromáticas tipo infusión, las cuales se evaluaron sensorialmente. El producto que presentó mayor aceptación fue el elaborado con pulpa deshidratada a 35°C.

### Palabras clave

Secado, Frutas, Bebidas, Molienda, Tamizado, Evaluación sensorial.

### Abstract

Passionflowers (*Passiflora granadilla* Juss) pieces with peel, pulp with seeds and pulp were characterized physico-chemically and dehydrated forced convection to 35, 50 and 65°C, were constructed drying curves, which show an exponential behavior, determined the final equilibrium moisture, drying times and the respective adjustment equations. The products obtained were subjected to dehydration and granulometric studies and were used for the beverage type aromatic infusion, which were evaluated sensory. The product showed best acceptance was made with dried pulp at 35°C.

### Key words

Drying, Fruit, Beverages, Grinding, Sifting, Sensory evaluation.

### Introducción

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) es una fruta de clima templado, de sabor agridulce agradable y que posee excelentes características nutritivas. En Colombia existe suministro permanente de la fruta y el cultivo ocupa un área aproximada de 1.300 Ha, ubicadas en los Departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Tolima, Cundinamarca, Cauca y Boyacá<sup>(16)</sup>. Es una de las plantas que pertenece a las pasifloráceas,

familia con más de 500 especies, la mayoría de las cuales son trepadoras, originaria de América tropical y se halla dispersa desde México, centro América, las Antillas hasta Sudamérica, siendo Colombia el mayor productor<sup>(4, 11)</sup>.

La granadilla se clasifica en extra, primera (I) y segunda (II), en función de su calibre o diámetro, peso y apariencia externa general, la madurez se aprecia visualmente por

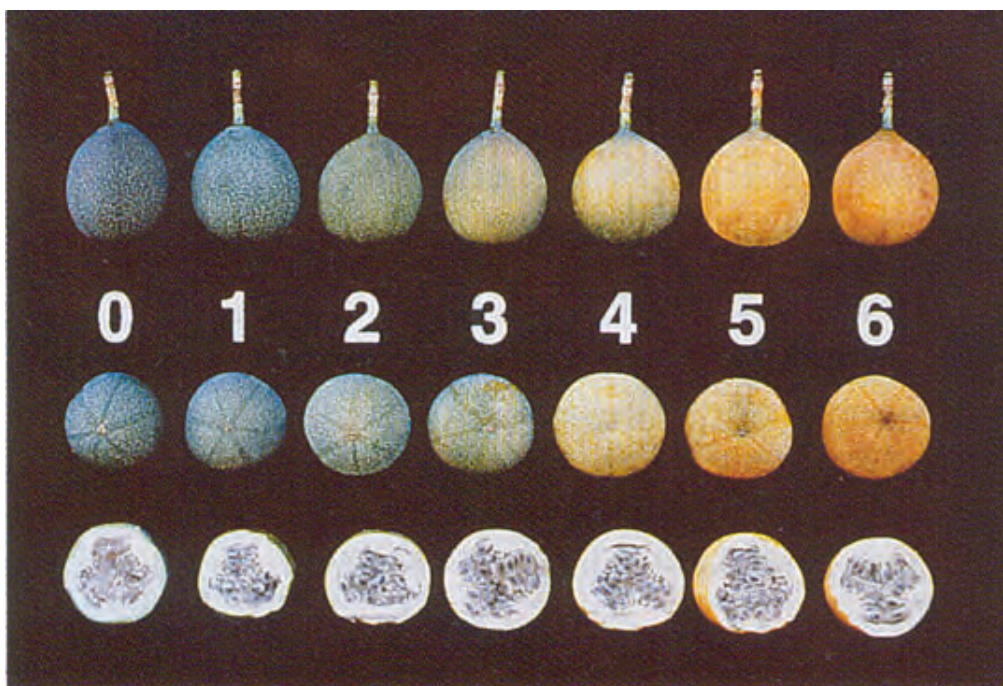
<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, A.A.568.

\* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: [cjmarque@unal.edu.co](mailto:cjmarque@unal.edu.co)

su color externo, su estado se puede confirmar por medio de la determinación de los sólidos solubles totales, acidez titulable y el índice de madurez <sup>(11)</sup>.

Para la granadilla se han establecido seis grados de madurez en función del color externo, (ver figura 1).

**Figura 1.** Tabla de color de la granadilla <sup>(11)</sup>.



En Colombia existe un suministro permanente de la fruta proveniente de los cultivos localizados en los Departamentos de Antioquia, particularmente en los municipios de Urrao, Abriaquí y Marinilla; Valle del Cauca, en los municipios de la Unión, Toro, Versalles; Risaralda, en los municipios, La Bella, Marsella; Quindío, en los municipios de; Génova y Pijao; Tolima, y en otros Departamentos como Cundinamarca, Cauca y Boyacá. Por ser un cultivo estacional, la granadilla se produce mayoritariamente en los meses de mayo a junio y entre noviembre y enero <sup>(21)</sup>.

La deshidratación de un alimento consiste en la eliminación del agua contenida bajo determinadas condiciones de temperatura, humedad relativa y progresión del secado, debidamente controladas, con el fin de detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, e inhibir ciertas reacciones químicas de deterioro en el alimento. La pérdida del agua, debida al proceso de deshidratación, produce una serie de cambios que se deben asumir al momento de tomar la decisión de secar un alimento, como son; el color, sabor, consistencia, apariencia y

peso, con el consiguiente aumento de la concentración de algunos componentes; azúcares, almidones, vitaminas, entre otros. Además de preservar el alimento, lo cual es la principal finalidad de la deshidratación, también se logra la reducción de peso y algunas veces de volumen, lo que constituye una gran ventaja para el transporte, almacenamiento y empaque <sup>(1, 20)</sup>.

En el secado de frutas por convección forzada, se identifican dos etapas; en la primera; hay penetración de calor al alimento, y en la segunda; se presenta la extracción de agua del producto, lo cual está influenciado por factores como, el tamaño de partícula del alimento, la temperatura del aire de secado, la humedad relativa del sistema y del aire de secado, el tiempo de aplicación y la velocidad del aire de secado <sup>(1, 20)</sup>.

Las frutas deshidratadas han sido elaboradas, evaluadas y utilizadas en diferentes productos alimenticios <sup>(22, 24)</sup>. Algunas de las aplicaciones más destacadas para este tipo de productos se presentan en la tabla 1 <sup>(14)</sup>.

**Tabla 1.** Algunos usos de las frutas deshidratadas.

Snacks	Productos infantiles	Productos lácteos	Productos confitería	Bebidas
Uvas pasas	Compotas	Yogurt	Bizcochos	Jugos
Bananos pasos	Coladas	Helados	Pies	<i>Aromáticas</i>
Moras pasas	Frutas-cereales	Postres	Chocolatines	

La convección natural y forzada ha sido tradicionalmente utilizada para el secado de productos agrícolas, las cinéticas y los modelos de comportamiento se han estudiados por diferentes autores, encontrando los parámetros teóricos del comportamiento del secado para frutas y hortalizas <sup>(6, 8)</sup>.

La deshidratación por convección forzada de granadilla, tiene como objetivos además de prolongar la vida útil del fruto, diversificar la oferta de productos a base de frutas y ofrecer alternativas de comercio para el sector agroindustrial, también proporciona un mayor conocimiento del proceso y mejor control de las variables que interactúan en el mismo.

La determinación de las características fisicoquímicas que se realizan al producto en fresco y transformado, ayudan a conseguir tales objetivos y además contribuyen a la estandarización del proceso y brindan un mayor conocimiento de la fruta, para de esta manera obtener productos de buena calidad, con bajos costos de producción, procesos eficientes y rentables. En el producto deshidratado terminado se analizó su calidad total preparando infusiones y se realizó el estudio de calidad sensorial, el cual muestra como resultado central, que las bebidas aromáticas preparadas con pulpa deshidratada a 35°C fue la de mayor aceptación.

## Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en los Laboratorios de Procesos Agrícolas y de Frutas y Hortalizas.

El material vegetal utilizado fueron granadillas (*Passiflora ligularis* Juss) frescas, conseguidas en la Central Mayorista de Antioquia, sector las Malvinas, con grado de madurez entre 5 y 6 según la Norma Técnica Colombiana NTC 4101.

Para el experimento se tomaron 9 kg de frutas, de las cuales 3 kg se procesaron en pulpa para la realización de los análisis fisicoquímicos, los 6 kg restantes se dividieron en tres grupos de 2 kg; 2 kg se procesaron en pulpa con semilla, 2 kg se procesaron en pulpa sin semilla y 2 kg fueron triturados con la cáscara, teniendo así un uso integral de la fruta. Todos los tratamientos fueron sometidos a deshidratación.

**Caracterización fisicoquímica.** Se midieron los parámetros; Sólidos Solubles Totales (SST) por el método refractométrico, utilizando un equipo (Leica auto ABBE) expresados en % como  $(g \text{ SST} / g \text{ fase líquida} \times 100)$ , la densidad fue determinada por el método del picnómetro, la humedad inicial y final de los tratamientos fue establecida en una balanza humidimétrica de precisión marca (Swiss - Precisa) llevando las muestras hasta peso constante, el pH fue determinado en un pHmetro METER CG -840B Schott, el porcentaje de acidez fue medido a partir del método químico de titulación potenciométrica y se expresó como  $(g \text{ ácido cítrico} / 100 g \text{ muestra} \times 100)$ , el rendimiento de la fruta en pulpa fue encontrado por el método gravimétrico y expresado en % peso/peso como  $(g/g \times 100)$ , utilizando una balanza analítica Ohaus con precisión de 0,01 g, Todos los procedimientos fueron realizados por triplicado y expresados como promedio aritmético <sup>(1, 3)</sup>.

**Deshidratación.** Las muestras de pulpa, pulpa con semilla y de granadilla triturada íntegramente (con cáscara), fueron sometidas a un proceso de deshidratación por convección forzada en un secador de bandejas Marca DIES modelo D-480-F1, con flujo de aire de 1,2 m/s y humedades relativas de equilibrio entre 35-40%, presión atmosférica de 0,84 atm, la deshidratación se realizó a tres temperaturas 35, 50 y 65°C <sup>(17)</sup>.

**Análisis granulométricos.** Los productos deshidratados fueron molidos en un Molino de martillos pulverizador

(Tecnigranos) con tamiz de tamaño de poro de 0,75 mm para obtener harinas y realizarles los análisis granulométricos de acuerdo a la norma S319,2 establecida por ASAE para la determinación granulométrica por tamiz, para productos agrícolas <sup>(18)</sup>. Se utilizaron los tamices número 4, 10, 14, 30, 50, 100 y fondo, los cuales conforman el sistema de tamices normalizado “Tyler Standard”, y el equipo para tamizado fue un (Ro-Tap, Testing steve shaker, No 120012 Tyler company), con lo cual se determinó las distribuciones normal y acumulada, el modulo de fineza e índice de uniformidad.

Matemáticamente el Módulo de fineza (MF) se expresa de acuerdo a la Ecuación (1).

$$MF = \sum_0^6 \%R \# A (1)$$

Donde:

MF: Modulo de fineza

%RT: Porcentaje retenido en cada tamiz

#A: Número de asignación

El tamaño promedio de partícula (D) en pulgadas puede ser calculado a través de la Ecuación (2).

$$D = 0,0041 (2) \text{ modulo de fineza (2)}$$

Para el índice de uniformidad, el cual clasifica los materiales en gruesos, medios y finos en base diez, se toma la sumatoria de los porcentajes obtenidos en los dos primeros tamices (4 y 10) y se divide por diez, aproximando al entero más cercano se obtiene la fracción de material grueso presente en la muestra, los porcentajes retenidos en los dos tamices siguientes (14 y 30) dividido diez representan la fracción de material medio, la sumatoria de porcentajes retenidos en el resto de tamices incluyendo el fondo (50, 100 y fondo) dividido diez, representa la fracción de material fino presente en la muestra.

Matemáticamente el índice de uniformidad (IU) se expresa de acuerdo a la Ecuación (3).

$$IU = MG:MM:MF (3)$$

Donde:

IU: Índice de uniformidad

MG: Relación en base diez de material grueso, Ecuación (4)

$$MG = \sum_1^2 \%RT/10 (4)$$

MM: Relación en base diez de material medio, Ecuación (5)

$$MM = \sum_3^4 \%RT/10 (5)$$

MF: Relación en base diez de material fino, Ecuación (6)

$$MF = \sum_5^7 \%RT/10 (6)$$

%RT: Representa el porcentaje retenido en los tamices respectivos.

**Análisis sensorial.** Este análisis se realizó para las bebidas aromáticas con un grupo de nueve jueces semientrenados, con los cuales se hicieron pruebas sensoriales para evaluar la calidad total de las bebidas aromáticas tipo infusión.

Las bebidas aromáticas, se prepararon a partir de los nueve tratamientos, se empacaron 2 g en bolsas filtrantes de producto deshidratado, el volumen de agua utilizada para cada bebida fue igual y equivalente a 100 mililitros a 94°C, el azúcar la puso al gusto cada juez.

Se solicitó a cada uno de los jueces ordenar las bebidas aromáticas de mayor a menor calidad total.

La presentación de las muestras se hizo en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos, cada una de las muestras analizadas recibió un número diferente, se presentaron aleatoria y simultáneamente. Se permitió a cada evaluador probar las muestras tantas veces como lo deseara.

Para las curvas de secado se hicieron análisis de regresión para comprobar el modelo matemático más ajustado al comportamiento.

Los valores de caracterización fueron expresados como promedios aritméticos.

Para la evaluación sensorial se aplicó la prueba de diferencias mínimas significativas.

En el análisis granulométrico se aplicaron pruebas estadísticas específicas para la determinación del módulo de finza e índice de uniformidad.

## Resultados

### Caracterización fisicoquímica

La tabla 2, presenta los resultados obtenidos para la caracterización de la pulpa de granadilla.

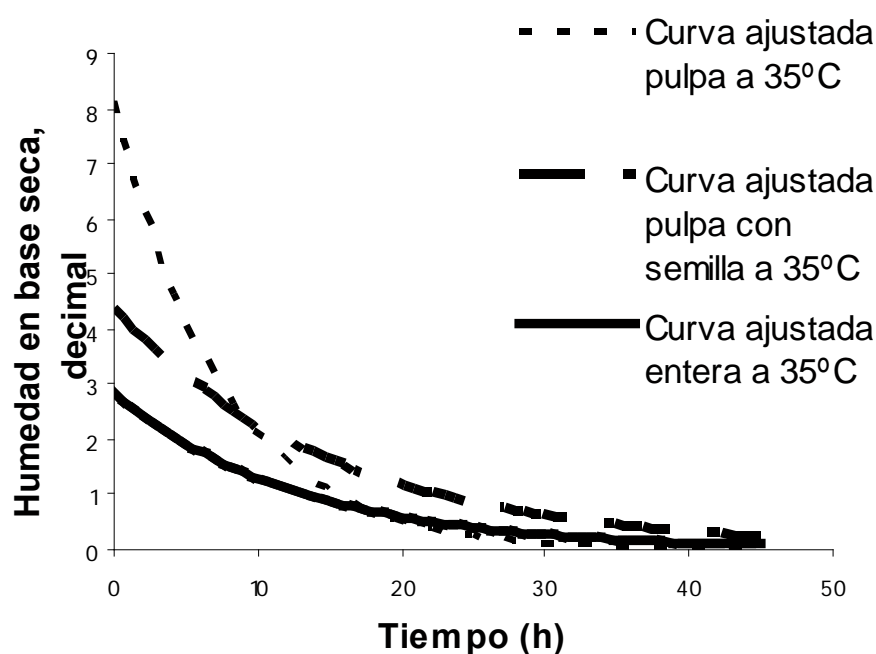
**Tabla 2.** Caracterización de la pulpa de granadilla.

Característica	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Rendimiento en pulpa (%)	42,87	40,50	36,72	40,03±0,01
pH	4,86	4,79	4,85	4,83±0,01
°Brix	13,5	14,2	13,6	13,7±0,1
% de acidez (ácido cítrico)	0,38	0,43	0,39	0,4±0,01
Densidad (g/mL) a 20° C	1,053	1,043	1,037	1,044±0,01
% hbh (humedad base húmeda)	87,43	85,08	85,90	86,13±0,01

### Deshidratación

La figura 2, muestra el comportamiento de la deshidratación a 35°C para los tres tamaños de partículas.

**Figura 2.** Curvas de secado de la pulpa, pulpa con semilla y granadilla entera a 35°C.



Los parámetros promedio del secado a 35°C para los tres tamaños de partículas se muestran en la tabla 3

**Tabla 3.** Contenido de humedad de equilibrio y tiempos de secado en promedio para la pulpa, la pulpa con semilla y la granadilla entera deshidratada a 35°C.

Presentación	Humedad de equilibrio (% Base húmeda)	Humedad de equilibrio (% Base seca)	Tiempo (Horas)
Pulpa	21,84	29,97	26
Pulpa con semilla	16,85	20,27	45
Granadilla entera	15,48	18,32	43

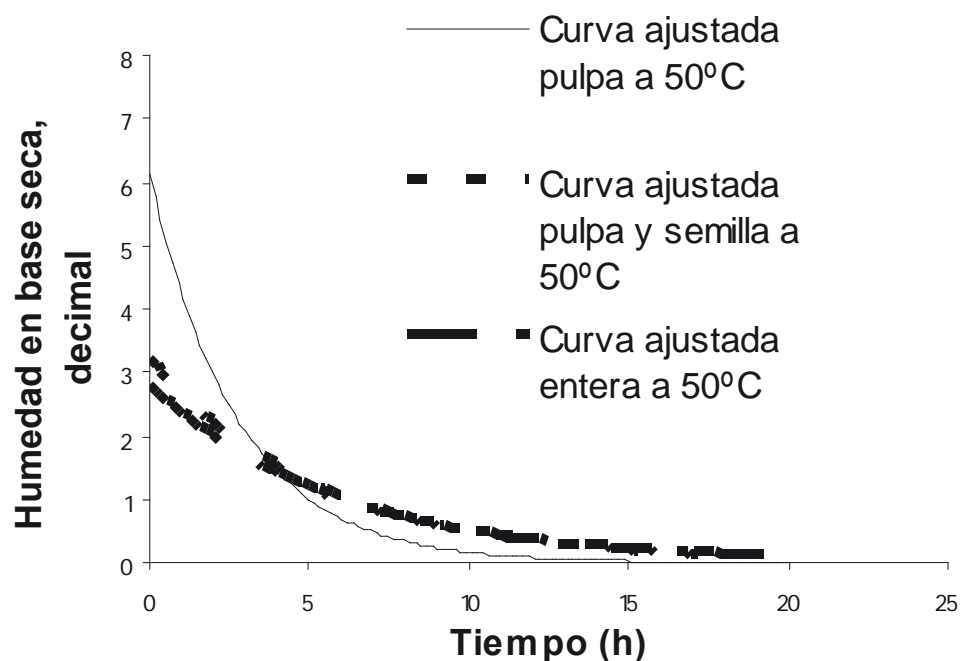
La tabla 4, presenta las ecuaciones ajustadas del modelo del secado a 35°C, para los tres tamaños de partículas o presentaciones.

**Tabla 4.** Ecuaciones del secado para 35°C.

Presentación	Modelo (% hbh)	R <sup>2</sup>
Pulpa	$8,145 * e^{-0,1364 \text{Tiempo}}$	0,9976
Pulpa con semilla	$4,3865 e^{-0,0668 \text{Tiempo}}$	0,9935
Granadilla entera	$2,8313 e^{-0,0778 \text{Tiempo}}$	0,9555

La figura 3, muestra el comportamiento de la deshidratación a 50°C para los tres tamaños de partículas.

**Figura 3.** Curvas de secado de la pulpa, pulpa con semilla y granadilla entera a 50°C.



Los parámetros promedio del secado a 50°C para los tres tamaños de partículas se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Contenido de humedad de equilibrio y tiempos de secado en promedio para la pulpa, la pulpa con semilla y la granadilla entera deshidratada a 50°C

Presentación	Humedad de equilibrio (% Base húmeda)	Humedad de equilibrio (% base seca)	Tiempo (horas)
Pulpa	17,56	21,31	12
Pulpa con semilla	13,71	15,89	17
Granadilla entera	11,68	13,68	20

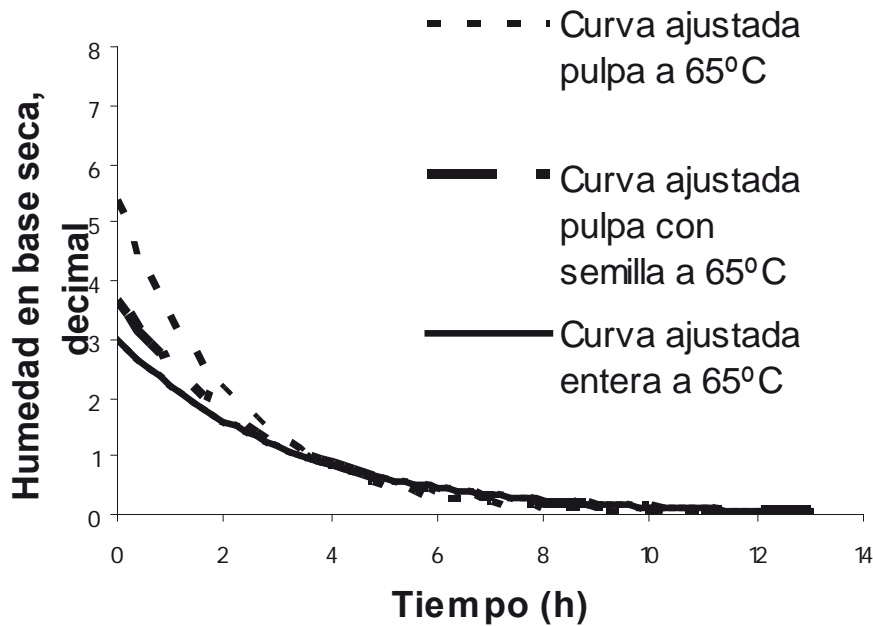
La tabla 6, presenta las ecuaciones ajustadas de los modelos del secado a 50°C, para los tres tamaños de partículas o presentaciones.

**Tabla 6.** Ecuaciones del secado para 50°C

Presentación	Modelo (% hbh)	R <sup>2</sup>
Pulpa	$6,0671 * e^{-0,3973 \text{Tiempo}}$	0,9371
Pulpa con semilla	$3,2076 e^{-0,1894 \text{Tiempo}}$	0,9926
Granadilla entera	$2,8067 e^{-0,1732 \text{Tiempo}}$	0,9781

La figura 4, muestra el comportamiento de la deshidratación a 65°C para los tres tamaños de partículas.

**Figura 4.** Curvas de secado de la pulpa, pulpa con semilla y granadilla entera a 65°C.



Los parámetros promedio del secado a 65°C para los tres tamaños de partículas se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.** Contenido de humedad de equilibrio y tiempos de secado en promedio para la pulpa, la pulpa con semilla

y la granadilla entera deshidratada a 65°C.

Presentación	Humedad de equilibrio (% base húmeda)	Humedad de equilibrio (% base seca)	Tiempo (horas)
Pulpa	9,6	10,85	12,5
Pulpa con semilla	10,06	11,04	11
Granadilla entera	8,02	8,83	10

La tabla 8, presenta las ecuaciones ajustadas de los modelos del secado a 65°C, para los tres tamaños de partículas o presentaciones.

**Tabla 8.** Ecuaciones del secado para 65°C .

Presentación	Modelo (% hbh)	R <sup>2</sup>
Pulpa	$5,3706 * e^{-0,4641 \text{Tiempo}}$	0,9226
Pulpa con semilla	$3,7689 e^{-0,3701 \text{Tiempo}}$	0,9516
Granadilla entera	$3,0082 e^{-0,3149 \text{Tiempo}}$	0,9781

### Granulometría

Los tratamientos que permitieron molienda y tamizado fueron; granadilla troceada íntegramente o entera deshidratada a 35, 50 y 65°C y pulpa con semilla deshidratada a 50°C y 65°C, los demás por su textura final al deshidratarse, gomosa o pastosa no permitieron molerlos ni tamizarlos.

### Análisis granulométrico para granadillas trituradas íntegramente

La clasificación y análisis granulométrico para el índice de uniformidad (I.U.), para la harina de granadilla entera deshidratada a 35°C se presentan en las tablas 9 y 10 <sup>(10)</sup>.

**Tabla 9.** Análisis granulométrico de harina de granadilla entera deshidratada a 35°C para la determinación del módulo de fineza.

Tamiz #	Abertura (pulg.)	Material retenido (%)	Valor de asignación	Producto
4	0,185	0	6	0
10	0,065	0	5	0
14	0,046	0,03	4	0,12
30	0,021	7,22	3	21,66
50	0,011	83,03	2	166,06
100	0,006	9,3	1	9,53
Fondo		0,06	0	0
Total				197,37

**Módulo de fineza = 197,37/100 = 1,9737**



Por lo tanto la harina se clasifica como un material fino.

**Tabla 10.** Parámetros para la determinación del índice de uniformidad para la harina de granadilla entera deshidratada a 35°C.

Tamiz #	Material retenido (%)	Índice de uniformidad/10	Tipo de material
4	0		
10	0	0	0
	0		
14	0,03		
30	7,22	0,7	1
	7,25		
50	83,03		
100	9,53		
Fondo	0,06	9,3	9
	92,62		

La relación final para el índice de uniformidad (I.U.) es de 0:1:9, lo cual quiere decir que en cada 10 partes de harina de granadilla entera, no hay partes gruesas, 1 es media y 9 son finas, aspecto consistente con el módulo de fineza calculado.

La clasificación y análisis granulométrico e índice de uniformidad (I.U.), para la harina de granadilla entera deshidratada a 50°C se presentan en las tablas 11 y 12.

**Tabla 11.** Análisis granulométrico de harina de granadilla entera deshidratada a 50°C para la determinación del módulo de fineza.

Tamiz #	Abertura (pulg.)	Material retenido (%)	Valor de asignación	Producto
4	0,185	0	6	0
10	0,065	0	5	0
14	0,046	0,08	4	0,32
30	0,021	5,75	3	17,25
50	0,011	79,50	2	159
100	0,006	14,01	1	14,01
Fondo		0,13	0	0
Total				189,68

**Módulo de fineza = 189,68/100 = 1,8968**

Por lo tanto la harina se clasifica como un material fino.

**Tabla 12.** Parámetros para la determinación del índice de uniformidad

para la harina de granadilla entera deshidratada a 50°C.

Tamiz #	Material retenido (%)	Índice de uniformidad/10	Tipo de material
4	0		
10	0	0	0
	0		
14	0,08		
30	5,75	0,6	1
	5,83		
50	79,50		
100	14,01		
Fondo	0,13	9,4	9
	99,47		

La relación final para el índice de uniformidad (I.U.) es de 0:1:9, lo cual quiere decir que en cada 10 partes de harina de granadilla, no hay partes gruesas, 1 es media y 9 son finas, aspecto concordante con el resultado hallado para el cálculo del módulo de fineza.

La clasificación y análisis granulométrico para el índice de uniformidad (I.U.), para la harina de granadilla entera deshidratada a 65°C se presentan en las tablas 13 y 14.

**Tabla 13.** Análisis granulométrico de harina de granadilla entera deshidratada a 65°C para la determinación del módulo de fineza.

Tamiz #	Abertura (pulg.)	Material retenido (%)	Valor de asignación	Producto
4	0,185	0	6	0
10	0,065	0	5	0
14	0,046	0,0	4	0,40
30	0,021	5,45	3	16,35
50	0,011	77,68	2	155,36
100	0,006	15,19	1	15,19
Fondo		1,51	0	0
Total				187,3

**Módulo de fineza =  $187,3/100 = 1,873$**

Por lo tanto la harina se clasifica como un material fino.

**Tabla 14.** Parámetros para la determinación del índice de uniformidad para la harina

de granadilla entera deshidratada a 65°C.

Tamiz #	Material retenido (%)	Índice de Uniformidad/10	Tipo de material
4	0		
10	0	0	0
	0		
14	0.10		
30	5.50	0.56	1
	5.60		
50	77.68		
100	15.19		
Fondo	1.51		
	94.38	9.44	9

La relación final para el índice de uniformidad (I.U.) es de 0:1:9, lo cual quiere decir que en cada 10 partes de harina de granadilla, no hay partes gruesas, 1 es media y 9 son finas, aspecto consistente con el modulo de fineza calculado.

Análisis granulométrico para la pulpa de granadilla con semilla

La clasificación y análisis granulométrico para el índice de uniformidad (I.U.), para la harina de pulpa de granadilla con semilla deshidratada a 50°C se presentan en las tablas 15 y 16.

**Tabla 15.** Análisis granulométrico de la pulpa granadilla con semilla deshidratada a 50°C para la determinación del módulo de fineza.

Tamiz #	Abertura (pulg.)	Material retenido (%)	Valor de asignación	Producto
4	0,185	79,15	6	474,9
10	0,065	11,50	5	57,5
14	0,046	4,5	4	18
30	0,021	3,4	3	10,2
50	0,011	0,76	2	1,52
100	0,006	0	1	0
Fondo		0	0	0
Total				562,12

**Módulo de fineza =  $562,12/100 = 5,6212$**

Por lo tanto la harina se clasifica como un material integro.

**Tabla 16.** Parámetros para la determinación del índice de uniformidad para la pulpa de granadilla con semilla deshidratada a 50°C.

Tamiz #	Material retenido (%)	Índice de uniformidad/10	Tipo de material
4	79.15		
10	11.50	9.06	9
	90.65		
14	4.5		
30	3.4	0.8	1
	7.9		
50	0.76		
100	0		
Fondo	0	0.076	0
	0.76		

La relación final para el índice de uniformidad (I.U.) es de 9:1:0, lo cual quiere decir que en cada 10 partes de harina de granadilla, hay 9 partes gruesas, 1 es media y no hay partes finas, aspecto que ratifica el resultado hallado para el calculo del modulo de fineza.

La clasificación y análisis granulométrico para el índice de uniformidad (I.U.), para la harina de pulpa de granadilla con semilla deshidratada a 65°C se presentan en las tablas 17 y 18.

**Tabla 17.** Análisis granulométrico de la pulpa granadilla con semilla deshidratada a 65°C para la determinación del módulo de fineza.

Tamiz #	Abertura (pulg.)	Material retenido (%)	Valor de asignación	Producto
4	0,185	82,22	6	493,32
10	0,065	8,61	5	43,05
14	0,046	3,14	4	12,56
30	0,021	5,11	3	15,33
50	0,011	0,61	2	1,22
100	0,006	0	1	0
Fondo		0	0	0
Total				550,15

**Módulo de fineza =  $550.15/100 = 5,5015$**

Por lo tanto la harina se clasifica como un material íntegro.

**Tabla 18.** Parámetros para la determinación del índice de uniformidad para la pulpa de

granadilla con semilla deshidratada a 65°C.

Tamiz #	Material retenido (%)	Índice de uniformidad/10	Tipo de material.
4	82,22		
10	8,61	9,8	9
	90,83		
14	3,14		
30	5,11	0,83	1
	8,25		
50	0,61		
100	0		
fondo	0	0,061	0
	0.61		

La relación final para el índice de uniformidad (I.U.) es de 9:1:0, lo cual quiere decir que en cada 10 partes de harina de granadilla, hay 9 partes gruesas, 1 es media y no hay partes finas, aspecto consistente con el modulo de fineza calculado.

### Análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las bebidas aromáticas formuladas y desarrolladas se presentan en las tablas 19, 20 y 21.

**Tabla 19.** Resultados de la prueba de ordenación para aromáticas.

Juez	E65	E50	E35	S65	S50	S35	P65	P50	P35
1	3	8	7	5	4	1	9	6	2
2	8	4	9	6	2	5	7	3	1
3	2	3	8	1	7	4	6	5	9
4	7	8	9	5	4	6	2	3	1
5	1	9	6	2	8	3	5	7	4
6	7	3	9	6	2	8	1	5	4
7	9	8	7	2	3	6	1	5	4
8	1	6	9	4	7	5	3	8	2
9	4	6	5	7	8	9	2	1	3
suma	42	55	69	38	45	47	36	43	30
Posición	4	8	9	3	6	7	2	5	1

Donde:

E65: Granadilla entera deshidratada a 65°C

E50: Granadilla entera deshidratada a 50°C

E35: Granadilla entera deshidratada a 35°C

S65: Pulpa y semilla de granadilla deshidratada a 65°C

S50: Pulpa y semilla de granadilla deshidratada a 50°C  
 S35: Pulpa y semilla de granadilla deshidratada a 35°C  
 P65: Pulpa de granadilla deshidratada a 65°C  
 P50: Pulpa de granadilla deshidratada a 50°C  
 P35: Pulpa de granadilla deshidratada a 35°C

**Tabla 20.** Orden de preferencia de los jueces

Orden	Tratamiento
1	P35
2	P65
3	S65
4	E65
5	P50
6	S50
7	S35
8	E50
9	E35

Para que exista diferencia significativa en la calidad sensorial de los tratamientos, es necesario que la diferencia entre cada uno de ellos sea mayor que los valores críticos dados para nueve jueces y nueve tratamientos para un nivel de significancia del 5% y del 1% (24), estos valores son de 36 y 41 respectivamente, habrá preferencia significativa para las cifras que sean superiores a estos valores críticos. La tabla 21 muestra el análisis.

**Tabla 21.** Calculo de las diferencias de las sumatorias de los tratamientos

Códigos	Diferencia	Total	*P.s. a n.s de 0,05%	**P.s a n.s de 0,01%
E35-E50	69-55	14	-	-
E35-S35	69-47	22	-	-
E35-S50	69-45	24	-	-
E35-P50	69-43	26	-	-
E35-E65	69-42	27	-	-
E35-S65	69-38	31	-	-
E35-P65	69-36	33	-	-
E35-P35	69-30	39	+	-
E50-S35	55-47	8	-	-
E50-S50	55-45	10	-	-
E50-P50	55-43	12	-	-
E50-E65	55-42	13	-	-
E50-S65	55-38	17	-	-
E50-P65	55-36	19	-	-
E50-P35	55-30	25	-	-

S35-S50	47-45	2	-	-
S35-P50	47-43	3	-	-
S35-E65	47-42	5	-	-
S35-S65	47-38	9	-	-
S35-P65	47-36	11	-	-
S35-P35	47-30	17	-	-
S50-P50	45-43	2	-	-
S50-E65	45-42	3	-	-
S50-S65	45-38	7	-	-
S50-P65	45-36	9	-	-
S50-P35	45-30	15	-	-
P50-E65	43-42	1	-	-
P50-S65	43-38	5	-	-
P50-P65	43-36	7	-	-
P50-P35	43-30	13	-	-
E65-S65	42-38	4	-	-
E65-P65	42-36	6	-	-
E65-P35	42-30	12	-	-
S65-P65	42-36	6	-	-
S65-P35	42-30	12	-	-
P65-P35	36-30	6	-	-

\* Diferencia significativa a nivel de significancia del 5%.

\*\* Diferencia significativa a nivel de significancia del 1%.

## Discusión

De acuerdo a la tabla 2, los sólidos solubles encontrados para la pulpa de granadilla están por debajo de los datos reportados en la literatura <sup>(21)</sup>.

Los resultados de pH y de porcentaje (%) de acidez se encuentran dentro de los intervalos reportados para granadilla con índice de madurez de 5, según la Norma Técnica Colombiana, NTC 4101 <sup>(11)</sup>.

El rendimiento en pulpa se encuentra por debajo de los reportados por villamizar <sup>(23)</sup>.

Según la tabla 3, la deshidratación de la pulpa de granadilla presentó tiempos de deshidratación menores, que la pulpa con semilla y que la granadilla integra. Esto puede ser debido a que en la pulpa el tamaño de partícula

es menor, haciendo que la superficie expuesta sea mayor, lo que favorece los procesos de transferencia de calor y de masa, permitiendo obtener tiempos de secado y humedades de equilibrio menores, lo cual está de acuerdo con lo expresado por Potter <sup>(20)</sup>. También se plantea que la calidad del producto final mejora al disminuir el tiempo de exposición al calor y se disminuyen la pérdida de nutrientes y los costos del proceso, aspecto que pudo haber influenciado en la evaluación sensorial del producto final utilizado como bebidas aromáticas tipo infusión.

Del análisis granulométrico se puede apreciar que para la pulpa con semilla de granadilla deshidratada a 50 y 65°C los mayores porcentajes de producto quedan retenidos en los tamices superiores de la serie, debido a la aglomeración que presenta el producto, lo anterior probablemente

causado por las reacciones de caramelización ocurridas debido al proceso de deshidratación en los carbohidratos de bajo peso molecular existente en la fruta (azúcares)<sup>(7)</sup>, mientras que para la harina de granadilla entera deshidratada a 35, 50 y 65°C el mayor porcentaje corresponde a los finos, debido a la mayor fracción de fibras y minerales aportados por la cáscara lo cual se traduce en una notoria disminución del poder aglomerante de la matriz, presentando las características propias de un material de partículas finas.

De acuerdo con el análisis estadístico para la evaluación sensorial se puede concluir; que con un nivel de significancia del 5%, existe preferencia significativa por las bebidas aromáticas preparadas con pulpa de granadilla deshidratada a 35°C, con respecto a las bebidas aromáticas preparadas con granadilla entera deshidratada a 35°C. Entre los demás tratamientos no hay preferencias significativas, por lo tanto cualquiera de ellos puede ser reemplazado por otro.

## Conclusiones

El tamaño de partícula y la temperatura de deshidratación afectan significativamente la humedad de equilibrio y el tiempo de secado. Cada tratamiento produce humedades

de equilibrio y tiempos de secado diferentes, motivo por el cual ningún tratamiento puede ser reemplazado por otro.

Granulométricamente la harina de granadilla entera deshidratada esta compuesta principalmente por partículas finas, mientras que la pulpa con semilla deshidratada es un material integro. La pulpa de granadilla no permite molerla, ni tamizarla debido a su textura gomosa.

En la evaluación sensorial de las bebidas aromáticas no se presentaron diferencias significativas a un nivel de confianza del 99%, no obstante el tratamiento que ocupó el primer lugar de calidad entre los jueces fueron las aromáticas formuladas y desarrolladas con pulpa de granadilla deshidratada a 35°C, la cual presentó preferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza respecto a las bebidas aromáticas formuladas y desarrolladas con pulpa entera deshidratada a 35°C.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a los Laboratorios de Frutas y Hortalizas y de Procesos Agrícolas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y a su personal directivo y laboratorista.



1. Bernal De Ramírez I. Análisis de alimentos. Bogotá. Ed. Guadalupe; 1993.
2. Brennan JG, Butters RJ, Cowell ND, Lilly AE. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia; 1980.
3. Camacho G, Romero G. Obtención y conservación de pulpas: Mora, guanábana, lulo y mango. Bogotá. ICTA - Universidad Nacional de Colombia; 1996.
4. Campos César. La granadilla en el norte del Perú. Chiclayo: Cicapedi; 1999.
5. Cheftel Jean. Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Zaragoza: Acribia; 1999.
6. El-Sebaili SAA, Aboul-Enein MR, Ramadan I, El-Gohary HG. Empirical correlations for drying kinetics of some fruits and vegetables. *Energy*. 2002; 27 (9): 845-859.
7. Fennema OR. Química de alimentos. Zaragoza: Acribia; 2000.
8. Ghiaus AG, Margaris DP, Papanikas DG. Mathematical modeling of convective drying of fruits and vegetables. *Journal of food science*. 1997; 62 (6): 1154-1157.
9. Guiné RPF, Ferreira DMS, Gonçalves MJ. Study of the drying kinetics of solar-dried pears *Biosystems engineering*. 2007; 98 (4): 422-429.
10. Henderson SM, Perry RL. *Agricultural process engineering*. Michigan. Avi. Pub.co. 1976.
11. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Santa fé de Bogotá: ICONTEC; 1997.
12. Jaramillo O. y Molina F. El cultivo de la granadilla (*Passiflora Ligularis J.*). Seminario (Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. 1984.
13. Kiranoidis CT, Tsami E, Maroulis ZB, Marinous-Kouris D. Drying kinetics of some fruits. *Drying technology*. 1997; 15 (5): 1399-1418.
14. Lagoeyte Tamayo Gloria María Janeth. Deshidratación de piña para la elaboración de bebidas aromáticas. Medellín: (Esp. Ciencia y tecnología de alimentos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ciencias Agropecuarias; 2001.
15. Lombard GE, Oliveira JC, Fito P. Andrés A. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*. 2008; 85 (2); 277-284.
16. Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural. Santa fé. de Bogotá: Boletín estadístico. 2008.
17. Moseel DAA. Microbiología de los alimentos: Alteraciones de los alimentos por microorganismos. Zaragoza, España. Ed. Acribia; 1982.
18. Pasikatan MC, Steele JL, Milliken GA, Spillman CK, Haque E. Particle size distribution and sieving characteristics of first-break ground wheat. *American Society of Agricultural Engineers*. ASAE. S319.2. 1999.

19. Pedrero FD, Pangborn MR. Evaluacion sensorial de los alimentos métodos analíticos. México: Alambra; 1989.
20. Potter N. Norman. La ciencia de los alimentos. México: Edutex; 1978.
21. Saldarriaga Roberto. Manejo poscosecha y comercialización de la granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss). Armenia: Servicio nacional de aprendizaje SENA – FUDESCO; 1998.
22. Sueli R, Fabiano Fernandes AN. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. Journal of Food Engineering. 2007; 80 (2): 678-687.
23. Villamizar F. Almacenamiento poscosecha de granadilla (*Passiflora Ligularis* J.). Taller regional de manejo poscosecha. San José de Costa Rica. 1994.
24. Zhengyong Yan, Sousa-Gallagher MJ, Oliveira Fernanda AR. Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. Journal of food engineering. 2008; 84(3): 430-440.