

**Evaluación del efecto de tres diferentes métodos de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (*Psidium guajava*)**

Patrick León Delgado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales  
Bogotá D.C, Colombia

2020

**Evaluación del efecto de tres diferentes métodos de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (*Psidium guajava*)**

Patrick León Delgado

Trabajo de grado para optar al título de especialista en procesos de alimentos y biomateriales

Director

Mg. Beatriz Guevara Guerrero

Ingeniera de Alimentos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales

Bogotá D.C, Colombia

2020

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Ciudad y fecha:

## **Declaratoria de responsabilidad**

El autor de la presente propuesta manifiesta que conoce el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conoce el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Patrick León Delgado.

## Dedicatoria

A mis padres, Patricia y Édgar, quienes toda su vida lo han dado todo por sus hijos.

A Juliana, por brindarme todo su amor, apoyo incondicional, y porque fue ella quien me motivó a realizar esta especialización.

A la ingeniera química Lena Prieto Contreras, quien ha sido un ejemplo para mí desde mi época de estudiante de pregrado y me mostró el camino de cómo debe ser un verdadero ingeniero.

*La vida es como montar en bicicleta. Si quieres mantener el equilibrio no puedes parar.*

Albert Einstein.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a la ingeniera de alimentos Beatriz Guevara Guerrero. Magíster en Ingeniería de Alimentos y líder nacional del programa de Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) quien me brindó desinteresadamente todos sus conocimientos, su apoyo y acompañamiento para el desarrollo de este trabajo. Sin su valiosa ayuda, no hubiera sido posible culminar este trabajo con éxito.

A las empresas vallecaucanas Productos de la Provincia y Sero Colombia, por permitir desarrollar el presente estudio en sus instalaciones.

A la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle, Laboratorio de Fenómenos de Transporte y Laboratorio Propiedades Físicas y Fenómenos de Transferencia por su apoyo como institución.

A los laboratorios del Centro Agropecuario de Buga (SENA), Angel Bioindustrial, Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y Tecnimicro.

## Glosario

**Actividad de agua:** es una medida de la cantidad de agua disponible en un alimento necesaria para el crecimiento y proliferación de microorganismos. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

**Agua libre:** es la porción de agua que se encuentra dentro de la estructura capilar o en las células del alimento. Está atrapada mecánicamente dentro del alimento y retenida solo por fuerzas débiles. Es fácilmente removida por medio del secado y se congela fácilmente (Fellows, 2009)

**Capacidad antioxidante:** es la capacidad de un compuesto para inhibir la degradación oxidativa, debido a sus propiedades como captadores de radicales libres, lo que previene o reduce el daño oxidativo de los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, retrasa el proceso de envejecimiento celular, estimula el sistema inmune y modula el metabolismo hormonal. La capacidad antioxidante de las frutas varía según su contenido en vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides y otros polifenoles (Contreras *et al.*, 2010).

**Deshidratación osmótica:** es una técnica de remoción de agua que consiste en sumergir frutas u hortalizas, troceadas o enteras, en una solución hipertónica compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, lo cual permite aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales del producto. (Ríos *et al.*, 2005)

**Humedad:** el contenido de humedad expresa la cantidad de agua presente en una muestra. (Singh y Heldman, 2014).

**Liofilización:** método de deshidratación que consiste en la congelación del producto y luego la remoción del agua por sublimación. (Prosapio y Norton, 2017)

**Secado:** es un método de conservación de alimentos que se basa en la disminución de la actividad de agua del alimento generando ambientes poco propicios para el crecimiento microbiano, e inactivación de enzimas que requieren de agua. En general, se llama secado a la

remoción de un líquido contenido en un sólido, cambiando del estado líquido al estado vapor, mediante la aplicación de calor, en la mayoría de los casos. (Ceballos, 2016).

**Ventana de refractancia:** es un método de secado en el cual se utiliza agua caliente, generalmente a 95-97°C a presión atmosférica, para llevar energía térmica al material a deshidratar. La energía térmica del agua caliente circulante se transfiere al producto húmedo a través de una interfaz de plástico que es relativamente transparente a la radiación infrarroja. La temperatura del producto suele ser inferior a 70°C. (Nindo y Tang, 2007)



## Resumen

La guayaba (*Psidium guajava L*) es una baya, formada por una pulpa carnosa y semillas. Se caracteriza por su buen aporte nutricional especialmente por su alto contenido de vitamina C. Además, es una de las frutas más consumidas por la población colombiana.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los métodos de secado por convección forzada (CF), liofilización (LF) y ventana de refractancia (VR), sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y estructurales de la guayaba (*Psidium guajava*) utilizando la deshidratación osmótica como tratamiento previo al secado. Para esto, se analizó el contenido de humedad, fibra dietaria, capacidad antioxidante, contenido de vitamina C, fuerza de fractura máxima y recuento de mohos y levaduras en la guayaba fresca y después de ser sometida a cada tratamiento de secado.

Se encontró que los métodos de secado por CF, LF y VR presentaron diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) sobre las variables de respuesta de contenido de fibra dietaria, capacidad antioxidante, contenido de vitamina C y fuerza de fractura máxima, mientras que para el contenido de humedad no se presentaron diferencias significativas. Para el contenido de fibra dietaria, el mayor valor se logró por el método LF ( $40.60 \pm 0.14$  %). En cuanto a la capacidad antioxidante y contenido de vitamina C, el mayor valor obtenido fue por el método VR ( $3092.02 \pm 1.22$   $\mu$ moles Eq.Trolox/g y  $25.44 \pm 2.93$  mg/100 g, respectivamente). En cuanto a la fuerza de fractura máxima, el mayor valor obtenido fue por el método VR ( $395.73 \pm 2.18$  N). A partir de estos resultados, se encontró que el método de VR fue el tratamiento más adecuado para la obtención de guayaba deshidratada, que conserva sus características fisicoquímicas, reduce su actividad microbiológica y cumple con la legislación colombiana vigente.

**Palabras clave:** capacidad antioxidante, convección forzada, deshidratación osmótica, liofilización, ventana de refractancia.

## Abstract

Guava (*Psidium guajava L*) is a berry, made up of a fleshy pulp and seeds. It is characterized by its good nutritional contribution, especially its high content of vitamin C. In addition, it is one of the fruits most consumed by the Colombian population.

The objective of this study was to evaluate the effect of forced convection drying (CF), lyophilization (LF) and refractance window (RW) methods on the physicochemical, microbiological and structural characteristics of guava (*Psidium guajava*) using the osmotic dehydration as a previous treatment. For this, the moisture content, dietary fiber, antioxidant capacity, vitamin C content, maximum fracture strength, and mold and yeast count were analyzed in fresh guava and after being subjected to each drying treatment.

It was found that the drying methods by CF, LF and RW presented significant differences ( $\alpha = 0.05$ ) on the response variables of dietary fiber content, antioxidant capacity, vitamin C content and maximum fracture strength, while for the moisture content did not show significant differences. For the content of dietary fiber, the highest value was achieved by LF method ( $40.60 \pm 0.14\%$ ). Regarding antioxidant capacity and vitamin C content, the highest value obtained was by RW method ( $3092.02 \pm 1.22 \mu\text{mol Eq. Trolox/g}$  and  $25.44 \pm 2.93 \text{ mg/100 g}$ , respectively). Regarding the maximum fracture strength, the highest value obtained was by the RW method ( $395.73 \pm 2.18 \text{ N}$ ). Based on these results, it was found that RW method was the most appropriate treatment for obtaining dehydrated guava, which preserves its physicochemical characteristics, reduces its microbiological activity and complies with current Colombian legislation.

**Keywords:** antioxidant capacity, forced convection, osmotic dehydration, lyophilization, refractance window.

## Contenido

	pág.
Introducción.....	17
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos .....	19
Marco teórico.....	20
Guayaba. ....	20
Generalidades.....	20
Cifras de producción nacional y mundial.....	23
Deshidratación .....	24
Generalidades.....	24
Deshidratación osmótica.....	25
Secado por convección forzada.....	27
Secado por liofilización.....	28
Secado por ventana de refractancia.....	29
Parámetros de calidad en frutas deshidratadas.....	32
Legislación relacionada.....	32
Degradación de componentes durante el secado.....	33
Textura en frutas deshidratadas.....	33
Materiales y métodos.....	35
Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la guayaba fresca.....	35
Deshidratación osmótica como pretratamiento de secado.....	40
Ejecución de cada método de secado.....	41
Caracterización fisicoquímica de la guayaba deshidratada .....	44
Caracterización microbiológica de la guayaba deshidratada.....	44
Análisis de textura de la guayaba para cada tratamiento .....	44
Análisis estadístico .....	45
Resultados y discusión.....	46
Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la guayaba fresca.....	46

Deshidratación osmótica como pretratamiento de secado .....	49
Evaluación del efecto del método de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba .....	55
Evaluación del efecto del método de secado sobre la textura de la guayaba.....	63
Valores óptimos para cada variable de respuesta obtenidos en cada método de secado (CF, LF y VR) .....	64
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Bibliografía.....	68
Anexos.....	72

## Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Grados de maduración de la guayaba regional blanca. ....	21
Figura 2. Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica.....	26
Figura 3. Esquema de un secador de bandejas por aire caliente. ....	28
Figura 4. Etapas del proceso de liofilización.....	29
Figura 5. Esquema de un secador por ventana de refractancia.....	30
Figura 6. Alteración estructural debida a la contracción de los tejidos durante el secado. .....	34
Figura 7. Desinfección de guayaba. ....	35
Figura 8. Retiro de pulpa y semilla de la guayaba. ....	36
Figura 9. Cascos de guayabas sumergidos en solución de ácido ascórbico al 1.5% 36	36
Figura 10. Guayaba cortada en rodajas. ....	37
Figura 11. Fluorómetro para determinación de capacidad antioxidante. ....	38
Figura 12. Metodología empleada en el estudio “Evaluación del efecto de tres métodos de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba ( <i>Psidium guajava</i> )”. ....	39
Figura 13. Condiciones de operación en secado por convección forzada. ....	42
Figura 14. Equipo de ventana de refractancia. ....	43
Figura 15. Temperaturas de proceso en secado por ventana de refractancia. ....	43
Figura 16. Texturómetro Shimadzu EZ – test. ....	45
Figura 17. Contenido de Sólidos Solubles (°Brix) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.....	49
Figura 18. Ganancia de sólidos solubles (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos. ....	50
Figura 19. Ganancia de sólidos totales (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.....	51
Figura 20. Pérdida de peso (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos. ....	52

Figura 21. Pérdida de agua (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.....	53
Figura 22. Contenido de humedad (%) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.....	54
Figura 23. Contenido de humedad (%) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR).....	57
Figura 24. Contenido de fibra (%) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR).....	58
Figura 25. Capacidad antioxidante ( $\mu$ moles Eq.Trolox/g muestra) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR).....	60
Figura 26. Contenido de vitamina C (mg/100g) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR).....	61
Figura 27. Fuerza de Fractura Máxima (N) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR).....	64

## Lista de tablas

	pág.
Tabla 1. Análisis proximal para la guayaba madura y pintoná. ....	22
Tabla 2. Contenido de vitamina C de algunas frutas colombianas.....	23
Tabla 3. Producción mundial de guayaba para el año 2018. ....	24
Tabla 4. Consumo aparente de guayaba años 2013 – 2018.....	24
Tabla 5. Comparación entre los métodos de secado analizados en este trabajo.....	31
Tabla 6. Requisitos microbiológicos para frutas deshidratadas. ....	33
Tabla 7. Composición porcentual y peso molecular de los agentes osmóticos utilizados. .....	41
Tabla 8. Características fisicoquímicas de la guayaba fresca.....	47
Tabla 9. Características microbiológicas de la guayaba fresca. ....	47
Tabla 10. Ficha técnica guayaba fresca. ....	48
Tabla 11. Condiciones de la operación de deshidratación osmótica como tratamiento previo a la operación de secado.....	55
Tabla 12. Características fisicoquímicas de guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR) .....	56
Tabla 13. Características microbiológicas de guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR) .....	62
Tabla 14. Fuerza de fractura máxima (N) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR) .....	63
Tabla 15. Resultado de valores óptimos para cada variable de respuesta obtenidos en cada método de secado (CF, LF y VR) .....	65

## Lista de anexos

	pág.
Anexo A. Resultados OD con agente osmótico maltitol al 50% .....	72
Anexo B. Resultados OD con agente osmótico fructosa al 50% .....	72
Anexo C. Resultados OD con agente osmótico alulosa 25% - polidextrosa - 25% .	72
Anexo D. ANOVA Contenido de Humedad. ....	73
Anexo E. ANOVA Contenido de Fibra.....	75
Anexo F. ANOVA Capacidad Antioxidante. ....	77
Anexo G. ANOVA Contenido de Vitamina C. ....	79
Anexo H. ANOVA Fuerza de Fractura Máxima. ....	81
Anexo I. Ficha técnica maltitol. ....	83
Anexo J. Ficha técnica fructosa. ....	84
Anexo K. Ficha técnica alulosa. ....	85
Anexo L. Ficha técnica polidextrosa. ....	86
Anexo M. Ficha técnica solución desinfectante (CITROSAN) .....	88



## Introducción

El secado es una de las operaciones unitarias de conservación de alimentos más comunes en la industria, utilizado para la fabricación de leche en polvo, sopas y cremas instantáneas, cereales para el desayuno, snacks, frutas y vegetales deshidratados, entre otros, que permite reducir costos de almacenamiento y transporte (Ceballos, 2016).

Entre los métodos de secado convencionales se encuentran el secado solar y secado por aire caliente. Sin embargo, durante estos procesos se presentan cambios no deseados que son determinantes para la calidad de los productos como la pérdida de color, aroma, textura y degradación de componentes como las vitaminas A y C, debido a los prolongados tiempos que se requieren de secado, entre 3 - 5 h y altas temperaturas (Ochoa *et al.*, 2012; Ceballos, 2016). También es utilizado el secado por liofilización, que trabaja con bajas temperaturas y mayores tiempos de proceso que varían entre 18 a 24 h, manteniendo las características del producto, pero con costos más altos de producción (Ochoa *et al.*, 2012). Un método de secado innovador, es el secado con ventana de refractancia (VR) donde se hace uso de la energía infrarroja del agua, que permite tiempos de proceso más cortos y temperaturas más bajas en el producto, reduciendo daño térmico. Este método permite la deshidratación de alimentos termosensibles, como las frutas, y presenta la ventaja de reducir las pérdidas de calidad a nivel fisicoquímico y estructural en diversos alimentos deshidratados (Díaz, 2018).

La guayaba es una fruta que se caracteriza por sus altas cualidades nutricionales especialmente por su contenido de vitamina C, el cual alcanza valores de 217 mg (ICBF, 2018), presentando variaciones de acuerdo con la región y variedad del fruto. Además, es una de las frutas más consumidas por la población colombiana entre los 2 y los 64 años, junto con el limón, banano, mango, tomate de árbol y mora (Fao y MinSalud, 2013), siendo Colombia uno de los principales productores a nivel mundial, con una participación del 12% de la producción, equivalente a 240000 toneladas para el año 2017 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). Sin embargo, esta fruta es altamente perecedera debido a su intenso metabolismo durante la maduración (Solarte *et al.*, 2010).

Por esta razón, se hace necesario investigar métodos de secado alternativos al convencional, evaluando el efecto que tiene cada uno de estos métodos sobre el tratamiento de una fruta de amplio consumo y producción en el país, como la guayaba. Además, los resultados de este trabajo tendrían un potencial impacto en el desarrollo de nuevos productos y la implementación de métodos innovadores, como la ventana de refractancia, que contribuyan a dinamizar la cadena productiva de esta fruta, evaluando las características del producto final obtenido, para su posible industrialización y comercialización en el mercado.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el efecto de los métodos de secado por convección forzada, liofilización y ventana de refractancia, sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (*Psidium guajava*).

### Objetivos específicos

Establecer las variables de operación de deshidratación osmótica como tratamiento previo a la operación de secado.

Analizar la influencia de cada método de secado sobre las características fisicoquímicas de la guayaba en cuanto a: contenido de humedad, fibra dietaria, vitamina C y actividad antioxidante.

Evaluar las características microbiológicas de la guayaba deshidratada para cada tratamiento, de acuerdo con la legislación colombiana vigente.

Determinar la textura de la guayaba para cada tratamiento como atributo físico de calidad de la fruta deshidratada.

## Marco teórico





### Guayaba.

**Generalidades.** El fruto de guayaba (*Psidium guajava L*) es una baya, formada por una cavidad interna de pulpa carnosa con semillas, y el exocarpio, que es una capa delgada de células de naturaleza epidérmica (Solarte *et al.*, 2010). La guayaba es altamente perecedera por causa de su intenso metabolismo durante la maduración. Durante el proceso de maduración, la guayaba presenta cambios profundos en atributos como color, firmeza y peso. El ablandamiento de la fruta durante la maduración se debe a la degradación enzimática de los componentes de la pared celular. (Solarte *et al.*, 2010).

Entre las variedades cultivadas en Colombia, se encuentran la PALMIRA ICA 1, conocida comúnmente como guayaba “pera” y la Glum Sali, o guayaba “manzana”. Estas variedades poseen bajo contenido de semillas, alto porcentaje de pulpa, tamaño entre 7 y 10 cm de diámetro y peso que oscila entre 300 y 500 g por fruto, características que la hacen muy apta tanto para el procesamiento industrial como para consumo en fresco. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

De acuerdo con el estado de maduración de la fruta, el estado pintón (color 2) es el recomendado para cosecha de frutas destinadas para consumo en fresco. Los frutos pintones presentan un mayor tiempo de vida en la cadena de transporte y comercialización, manteniendo buenas características de calidad. Por otra parte, para el uso industrial, se recomiendan los estados 3 y 4 en la escala de color, ya que en éstos las frutas han adquirido sus máximos atributos de calidad, sin embargo, la duración de la fruta es corta y su utilización debe ser rápida (2 a 3 días máximo) (Solarte *et al.*, 2010). En la figura 1 se muestran los estados de maduración de la guayaba con algunos parámetros de calidad.

**Figura 1.** Grados de maduración de la guayaba regional blanca.

Foto	Escala de color	Estado	Color		pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de Madurez (°Brix / Acidez)	Firmeza (Kg/pulg)
			Descripción	Valor coordenadas					
	1	Verde	Verde claro con poco brillo	L= 72,10 C= 43,47 H= 98,49	3,95	9,19	0,72	12,76	23,20
	2	Pintón	Verde claro tendiendo a amarillo brillante	L= 63,49 C= 39,98 H= 89,55	4,04	10,37	0,65	15,95	6,63
	3	Maduro	Amarillo claro 100% del fruto	L= 58,64 C= 38,45 H= 82,91	4,10	11,30	0,60	18,83	3,5
	4	Sobremaduro	Amarillo fuerte 100% del fruto	L= 64,74 C= 40,63 H= 90,32	3,41	10,29	0,42	24,50	3,0

MATERIAL	DIÁMETRO LONGITUDINAL (cm)	DIÁMETRO ECUATORIAL (cm)	PESO FRESCO (g)	PESO SECO (g)
Regional Blanca-RB	53,9	46,8	108,1	12,56

Fuente: Solarte *et al.*, 2010.

El análisis proximal para la guayaba madura y pintona se presenta a continuación en la tabla 1 donde la parte analizada para la fruta fue la pulpa sin semillas. Esta información corresponde a los datos registrados en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2018).

**Tabla 1.** Análisis proximal para la guayaba madura y pintona.

<b>Parámetro</b>	<b>Guayaba madura cruda</b>	<b>Guayaba pintona cruda</b>
Humedad (g)	84.60	82.80
Energía (kcal)	71.00	78.00
Proteína (g)	0.90	0.90
Lípidos (g)	0.30	0.40
Carbohidratos totales (g)	13.40	15.10
Carbohidratos disponibles (g)	8.00	9.70
Fibra dietaria (g)	5.40	5.40
Cenizas (g)	0.70	0.80
Calcio (mg)	13.00	16.00
Hierro (mg)	0.30	0.30
Sodio (mg)	3.00	3.00
Fósforo (mg)	33.00	26.00
Yodo (mg)	1.50	1.50
Zinc (mg)	0.30	0.20
Magnesio (mg)	12.00	14.00
Postasio (mg)	337.00	353.00
Tiamina (mg)	0.04	0.04
Riboflavina (mg)	0.04	0.04
Niacina (mg)	1.50	1.10
Folatos (mcg)	49.00	49.00
Vitamina B <sub>12</sub> (mcg)	0.00	0.00
Vitamina C (mg)	217.00	214.00
Vitamina A (ER)	31.00	31.00

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2018.

De acuerdo con el contenido de vitamina C, en el caso de la guayaba se puede valorar como alto (214 - 217 mg), comparado con el contenido de otras frutas consumidas en el país, como se muestra a continuación en la tabla 2.

**Tabla 2.** Contenido de vitamina C de algunas frutas colombianas.

<b>Fruta</b>	<b>Vitamina C (mg)</b>
Aguacate Hass crudo	5
Banano común crudo	19
Curuba cruda	57
Fresa madura cruda	67
Guayaba madura cruda	217
Guayaba pintona cruda	214
Kiwi crudo	80
Mango común crudo	48
Marañón seco	200
Limón crudo	42
Mandarina cruda	24
Mora de castilla	18
Naranja cruda	27
Papaya madura cruda	62

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2018.

**Cifras de producción nacional y mundial.** La cadena productiva de la guayaba y su industria tiene como principales productores los departamentos de Boyacá, Santander, Meta, Cauca, Tolima, Valle del Cauca, Caldas y Atlántico. Para el año 2018, se tenía un área sembrada de 10475 ha de guayaba común y 7847 ha de guayaba pera. Asimismo, para ese mismo año la producción de guayaba pera fue de 97970 t y de guayaba común de 58822 t (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural., 2018).

La producción mundial de guayaba es de alrededor de 2075000 toneladas. Pakistán, India y Brasil producen el 55%, México y Egipto producen el 26% y el resto lo aportan otros países como Colombia con el 12 % y Malasia con el 7% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). Las cifras de producción de guayaba a nivel mundial se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Producción mundial de guayaba para el año 2018.

<b>País</b>	<b>t /año</b>	<b>%</b>
Pakistán	458000	22
Brasil	352000	17
India	340000	16
México	302000	14
Egipto	241000	12
Colombia	240000	12
Malasia	142000	7
<b>Total</b>	<b>2075000</b>	<b>100</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018.

Por otro lado, el consumo aparente de guayaba ha aumentado un 16 % desde 135920 t en el año 2013 hasta 158062 t en el año 2018, se observa que no existen importaciones de esta fruta y las exportaciones corresponden 0.02 % del consumo aparente. Estos datos se presentan a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4.** Consumo aparente de guayaba años 2013 – 2018.

<b>Consumo (t)</b>		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Guayabas frescas o secas	Nacional	135935	137009	134095	149694	154995	158095
	Importaciones	0	0.04	0	0	0	0
	Exportaciones	14.53	13.84	21.21	57.13	32.56	33.20
<b>Total consumo aparente</b>		<b>135920</b>	<b>136995</b>	<b>134074</b>	<b>149637</b>	<b>154962</b>	<b>158062</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018.

## **Deshidratación**

**Generalidades.** En general, se llama secado a la remoción de un líquido contenido en un sólido, cambiando del estado líquido al estado vapor, generalmente mediante la aplicación de calor. El secado recibe el nombre de deshidratación, cuando el líquido que se remueve es agua. (Ceballos, 2016). Es el método de conservación de alimentos más común, ya que la eliminación de agua inhibe el crecimiento de microorganismos y reduce la actividad enzimática, además disminuye el peso del producto, simplificando también su transporte y almacenamiento.



(Prosapio y Norton, 2017)

El contenido de humedad de un alimento es la relación entre la cantidad de agua y los sólidos secos que contiene. Se define mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{masa de } H_2O}{\text{masa total alimento}}$$

La eliminación de agua del alimento se consigue principalmente por medio de una corriente de aire seco, que elimina el agua de la superficie del producto hacia el seno de la corriente de aire. Este proceso no sólo reduce su contenido en agua, sino que también puede provocar alteraciones sobre otras características físicas y químicas del alimento, como destrucción de nutrientes, reacciones enzimáticas y no enzimáticas, entre otras (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).

**Deshidratación osmótica.** La ósmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable, hacia otra solución de menor concentración. (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).

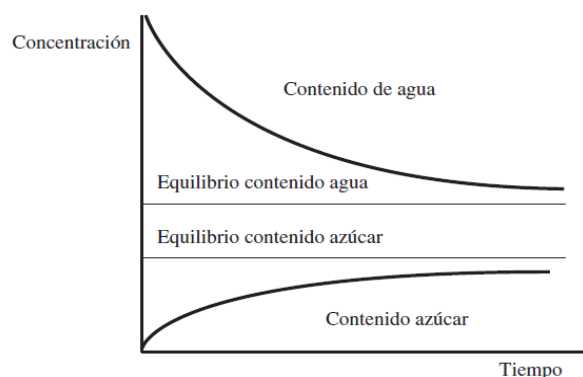
Este proceso consiste en la inmersión del alimento en una solución hipertónica, de manera que la humedad se difunde desde el alimento hacia la solución. gracias a la semipermeabilidad de la membrana celular y, a su vez, el soluto usado como deshidratador osmótico fluye desde la solución hacia el alimento (Prosapio y Norton, 2017)

Las pérdidas de agua por parte del alimento en el proceso de secado osmótico, se pueden dividir en dos períodos (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005):

- Primer período: alrededor de dos horas con una alta velocidad de eliminación de agua.
- Segundo período: entre dos a seis horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua.

La temperatura y concentración de la solución osmótica son las variables que principalmente afectan la velocidad de pérdida de agua del producto. Comparada con el secado por aire o con la liofilización, la deshidratación osmótica es más rápida, ya que la eliminación de agua ocurre sin cambio de fase. En la figura 2, se presenta el comportamiento del contenido de agua y azúcar en función del tiempo de deshidratación osmótica.

**Figura 2.** Contenido de agua y azúcar durante la deshidratación osmótica.



Fuente: Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005.

Otro factor a considerar es la elección del soluto de la solución osmótica. Generalmente, se utilizan cloruro sódico, sacarosa, lactosa, jarabe de fructosa y glicerol, siendo los jarabes de azúcares y los polialcoholes los más empleados para la deshidratación osmótica de frutas. (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005)

Para evaluar el comportamiento de la cinética del proceso de deshidratación osmótica, se calculan los siguientes parámetros de acuerdo con las ecuaciones reportadas por Pérez *et al.*, (2002) para piña deshidratada osmóticamente: ganancia de sólidos totales ( $Gst$ ), ganancia de sólidos solubles ( $Gss$ ), pérdida de peso ( $Pp$ ), y pérdida de agua ( $Pa$ ), definidos mediante las siguientes ecuaciones:

$$Gst = \frac{m_t(1 - H_t) - m_0(1 - H_0)}{m_0}$$

$$Gss = \frac{m_t(ss_t) - m_0(ss_0)}{m_0}$$

$$Pp = \frac{m_0 - m_t}{m_0}$$

$$Pa = \frac{m_0(H_0) - m_t(H_t)}{m_0}$$

Siendo:

$m_t$  : masa de la fruta en determinado tiempo.

$m_0$  : masa de la fruta en tiempo cero.

$H_t$  : contenido de humedad en base húmeda de la fruta en determinado tiempo (fracción).

$H_0$  : contenido de humedad en base húmeda de la fruta en el tiempo cero (fracción).

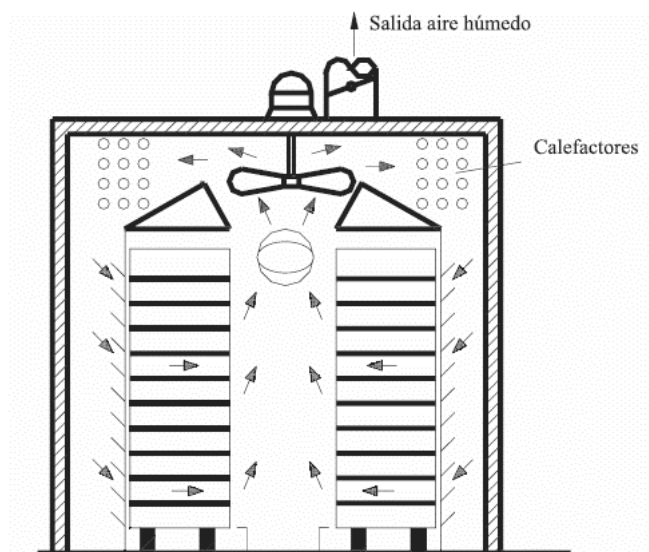
$ss_t$  : sólidos solubles en determinado tiempo (fracción).

$Ss_0$  : sólidos solubles en el tiempo cero(fracción).

**Secado por convección forzada.** Es la técnica de deshidratación más popular y antigua en la cual, la humedad se elimina por evaporación mediante la circulación de aire caliente. (Prosapio y Norton, 2017). La mayor parte de los productos deshidratados, principalmente frutas y hortalizas, se obtienen por medio de esta técnica, que es la más simple y la más económica. (Casp y Abril, 2003).

El funcionamiento básico de un secador de aire consta de una cámara en la cual se introduce el alimento, equipada con un ventilador y ductos que permiten la circulación de aire caliente a través y alrededor del alimento. El agua se elimina de la superficie del alimento y se conduce fuera del secador junto con la corriente de aire que lo abandona. El aire se calienta a la entrada del secador mediante intercambiadores de calor o directamente con una mezcla de gases de combustión (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005). El calor del medio de secado (aire caliente) se transmite al producto por convección; la corriente de convección pasa sobre el producto, no a través del mismo. El aire debe circular sobre la superficie del producto a velocidad relativamente alta para aumentar la eficacia de la transmisión de calor y de la transferencia de masa (Casp y Abril, 2003). En este método de secado se utilizan temperaturas del aire caliente entre 50°C a 80°C con velocidad del aire entre 0.5 – 1 m/s con una duración entre 6 a 8 h. (Muñoz *et al.*, 2018). En la figura 3, se presenta un esquema del secador de bandejas por convección forzada.

**Figura 3.** Esquema de un secador de bandejas por aire caliente.



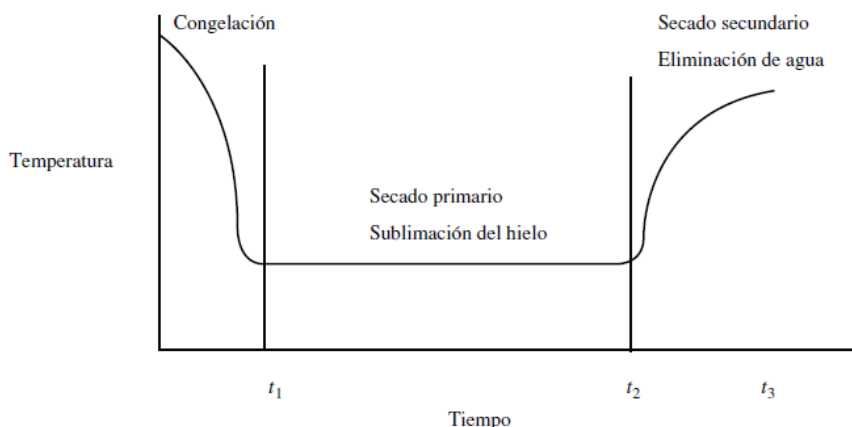
Fuente: Casp y Abril, 2003.

**Secado por liofilización.** La liofilización es un proceso en el cual el material primero pasa por un proceso de congelación del solvente (agua), para luego ser retirado por sublimación a presión reducida hasta alcanzar valores de 5% humedad o menores, aplicando calor en condiciones de vacío. Las variables de proceso de temperatura y presión generalmente se encuentran entre  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $-40^{\circ}\text{C}$  y 100 a 700 Pa. (Ceballos, 2016). En este proceso se distinguen tres etapas las cuales se ilustran en la figura 4.

- Primera etapa: El sistema se debe llevar a condiciones por debajo del punto triple del agua, de tal manera que se obtenga el producto congelado. Este proceso se realiza rápidamente para evitar la formación de grandes cristales de hielo, que puedan afectar la estructura del alimento.
- Segunda etapa: I) *etapa conductiva* donde el producto se calienta y aumenta rápidamente la sublimación. II) *Primera etapa difusiva* donde se reduce la velocidad de sublimación y también se reduce la difusión desde la interfase de sublimación hacia la superficie del producto. III)
- Tercera etapa: *Segunda etapa difusiva* corresponde al periodo durante el cual la humedad

se transfiere desde el interior del producto seco al gas.

**Figura 4.** Etapas del proceso de liofilización.



Fuente: Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005.

La liofilización se ha mostrado como un método efectivo para ampliar la vida media de los alimentos, y tiene dos características importantes. (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).

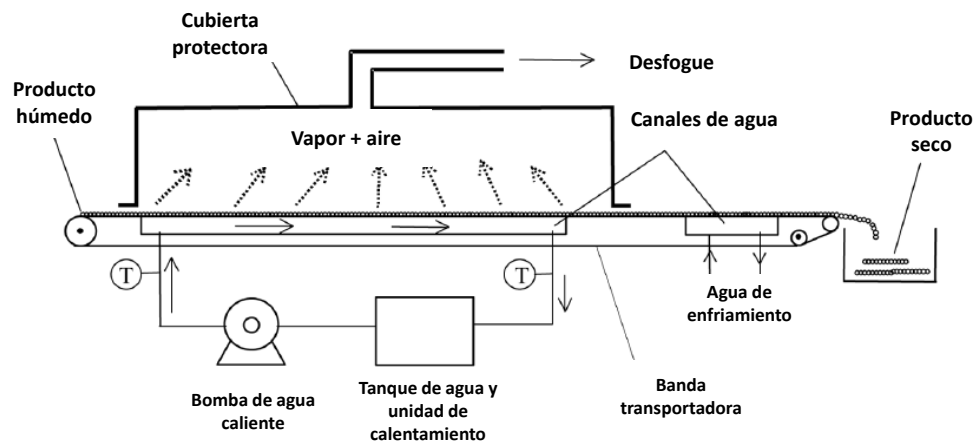
- Ausencia de aire durante el procesado y bajas temperaturas, que previene el deterioro debido a la oxidación o las modificaciones del producto.
- Secado a una temperatura inferior al ambiente, que no afecta considerablemente al producto y retiene en gran medida sus características organolépticas (apariencia, aromas, estructura).

**Secado por ventana de refractancia.** Para la deshidratación eficiente de alimentos sensibles al calor, en 1986 se patentó una técnica de deshidratación por la compañía MCD Technologies en Tacoma (Washington, USA) llamada Ventana de Refractancia. Con este método, la temperatura interna del alimento es menor a 70°C y el tiempo de secado es corto (entre 3 a 5 min para purés) (Ochoa *et al.*, 2012).

Básicamente, el alimento a deshidratar ya sea jugo, pulpa o en rodajas, para el caso de frutas o vegetales, se ubica sobre una película plástica transparente a la radiación infrarroja y con

propiedades especiales de refracción, por ejemplo, la película Mylar™ (película transparente de 0.26 mm de espesor y un área de 17 x 30 cm<sup>2</sup>). La energía térmica del agua caliente es transferida a través de la película hacia el alimento húmedo por conducción y radiación (infrarroja), lo que da como resultado una mayor tasa de transferencia de masa. (Rajoriya, *et al.*, 2019). A continuación, en la figura 5 se muestra un esquema básico para un secador de ventana de refractancia.

**Figura 5.** Esquema de un secador por ventana de refractancia.



Fuente: Nindo y Tang, 2007.

En la tabla 5, se presenta una breve comparación entre los métodos de secado analizados en este estudio en cuanto a los mecanismos de transferencia involucrados y las principales ventajas y desventajas de cada método.

**Tabla 5.** Comparación entre los métodos de secado analizados en este trabajo.

Método de secado	Mecanismo de transferencia	Ventajas	Desventajas
Deshidratación osmótica	Transferencia de masa por diferencia de concentración entre el agente osmótico y el alimento.	Método simple y bajo costo. (Prosapio y Norton, 2017)  Permite reducir el contenido de agua hasta en un 50% en peso. (Prosapio y Norton, 2017)	Se debe combinar con otros métodos de secado para asegurar estabilidad del producto (Ceballos, 2016)  Deben hacerse estudios previos para seleccionar el agente osmótico adecuado y su concentración óptima.
Convección forzada	Convección como mecanismo de transferencia de calor y aire como vehículo de esta energía (Casp y Abril, 2003)	Método más simple y económico para la deshidratación de alimentos. (Muñoz, <i>et al.</i> , 2018)	Mayores tiempos de proceso (6 - 8 hrs) (Raghavi, <i>et al.</i> , 2018)  Alta temperatura de proceso (80 – 90 °C) afecta negativamente los atributos nutricionales y de calidad del producto. (Rajoriya <i>et al.</i> , 2019)
Liofilización	Convección – conducción. (Casp y Abril, 2003)	Buena retención de sabor, color, vitaminas, forma y capacidad de rehidratación. (Nindo y Tang, 2007)	Proceso lento y largo (entre 4 y 10 horas por ciclo de secado). (Casp y Abril, 2003)  Mayores costos de producción, equipo y energía, rendimientos bajos (Rajoriya <i>et al.</i> , 2019)
Ventana de refractancia	Transferencia de calor simultánea: conducción, convección y radiación. (Nindo y Tang, 2007)	Menores tiempos de proceso, alta calidad de producto y bajo costo de equipo. (Nindo y Tang, 2007)  Costo de producción 30 – 50% menor que el de un liofilizador para secar una cantidad similar de producto (Nindo y Tang, 2007)	La mayoría de los estudios se han centrado en el secado de purés y jugos de frutas y verduras. Falta analizar otro tipo de alimentos. (Raghavi, <i>et al.</i> , 2018)

Fuente: autor.

## **Parámetros de calidad en frutas deshidratadas.**

**Legislación relacionada.** En Colombia, la legislación que incluye las frutas deshidratadas es la resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social en la cual se establece el reglamento técnico aplicable a las frutas procesadas, así como a las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos productos, todos destinados para el consumo humano. En el artículo 3 de dicha resolución, se presenta la definición de fruta deshidratada., la cual se menciona a continuación:

**Fruta deshidratada o desecada:** producto al que se le ha eliminado la humedad por medios naturales o artificiales, y que posteriormente, puede ser sometido a otro tratamiento para su preparación o envasado.

Además, en el artículo 6, numeral 6.10, se describen los requisitos generales y microbiológicos que deben cumplir las frutas deshidratadas, los cuales son:

### **Requisitos generales:**

- Los productos incluidos en este grupo de alimentos deben contener mínimo 12% de humedad.
- Las frutas antes de ser deshidratadas pueden ser sometidas a pretratamiento con el objetivo de inactivar enzimas, destruir sustratos, limpiar el producto o favorecer la rehidratación. Estos procesos dependerán de las propiedades de las frutas y del método de secado a utilizar.

**Requisitos microbiológicos:** los requisitos microbiológicos que deben cumplir las frutas deshidratadas o desecadas se presentan a continuación en la tabla 6.



**Tabla 6.** Requisitos microbiológicos para frutas deshidratadas.

<b>Parámetro</b>	<b>n</b>	<b>m</b>	<b>M</b>	<b>c</b>
Recuento de mohos y levaduras/g o ml	5	10	100	1

Siendo:

n = número de unidades a examinar.

m = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable.

c = número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M.

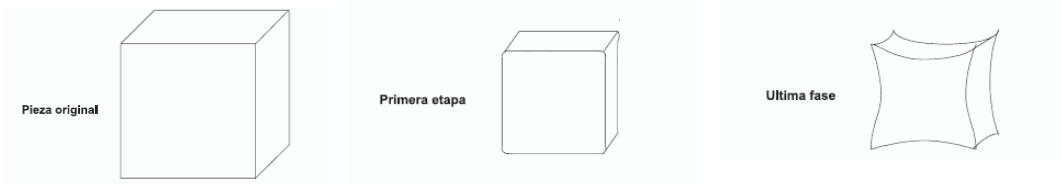
**Degradación de componentes durante el secado.** Una desventaja del secado por aire caliente, es la reducción y oxidación de algunos componentes valiosos como las vitaminas sensibles a altas temperaturas y en condiciones de humedad alta (vitamina C y el complejo B), y los pigmentos, entre ellos las antocianinas, carotenoides y clorofilas, además del pardeamiento por reacción de Maillard (Muñoz *et al.*, 2018; Casp y Abril, 2003).

Por otro lado, utilizando el método de secado de ventana de refractancia en alimentos, se logran retener atributos de calidad como color, vitaminas y antioxidantes comparados con otros métodos de secado incluido la liofilización. Ochoa *et al.*, 2012 reportó que el contenido de beta-carotenos en puré de zanahoria se redujo solo un 9.9 % con el método de secado de ventana de refractancia, mientras que con el método de secado en tambor se obtuvo una pérdida del 57% (Ochoa *et al.*, 2012)

**Textura en frutas deshidratadas.** El secado en los alimentos ocasiona cambios en la forma del alimento, pérdida de volumen e incremento de la dureza (Muñoz *et al.*, 2018), como se muestra en el cubo de la figura 6, inicialmente el contenido celular está sometido a presión, si el cubo se somete a una corriente de aire caliente, el primer efecto es la evaporación de agua desde la superficie húmeda, esta pérdida de fluido celular provoca una contracción del volumen de la célula. A medida que el secado avanza, las células de las capas superficiales se encogen cada vez más, el cubo pierde sus ocho vértices que se transforman en bordes redondeados (Casp y Abril,

2003). Finalmente, el encogimiento empieza a manifestarse en toda la pieza, los ocho vértices del cubo se habrán secado y endurecido, mientras que el centro permanece húmedo y plástico. Las últimas fases de la contracción tienen lugar en el centro principalmente y la pieza adopta formas distorsionadas irregularmente. Estas modificaciones de la estructura de los productos afectan a su textura, el calor además coagula las proteínas del protoplasma y destruye las propiedades de las paredes celulares, perdiéndose la turgencia de los tejidos. (Casp y Abril, 2003)

**Figura 6.** Alteración estructural debida a la contracción de los tejidos durante el secado.



Fuente: Casp y Abril, 2003.

## Materiales y métodos

El tipo de estudio utilizado en este trabajo fue del tipo explicativo – experimental, de acuerdo con lo afirmado por Hernández, *et al.*, (2014). Con este estudio, se pretende evaluar el efecto o influencia que tienen los diferentes métodos de secado por convección forzada, liofilización y ventana de refractancia (tratamientos), sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (variables dependientes) y dar una explicación del porqué suceden estos fenómenos.

### Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la guayaba fresca.

Se utilizó guayaba (*Psidium guajava*) comercializada en el mercado local de la ciudad de Cali, Colombia. La fruta fue transportada hasta la empresa Productos de la Provincia (Cali, Colombia), en donde se realizó su acondicionamiento. La fruta se seleccionó de acuerdo con su grado de maduración (grados 2 - 3) y estructura firme. La fruta blanda fue descartada, obteniendo un peso de 3040 g.

En seguida, se realizó la limpieza de la guayaba con abundante agua, y posteriormente se desinfectaron por inmersión en un balde plástico con una solución desinfectante (2.5 mL citrosan/L agua) durante 5 minutos, como se ilustra en la figura 7.

**Figura 7.** Desinfección de guayaba.



Fuente: autor.

Luego, se retiró con un cuchillo los extremos y las partes oscuras o con daño de las cáscaras de las guayabas. Posteriormente, para el despulpado, las guayabas se partieron en

mitades y con ayuda de una cuchara se retiró la pulpa y semillas, para obtener los cascos, como se ilustra en la figura 8. Se obtuvo un peso de pulpa más semillas de 965g, a partir de los anteriores datos, el peso de cáscara y el pesaje inicial de la materia prima, se puede identificar que la parte del casco, como se utilizó en este estudio, corresponde aproximadamente el 68 % del fruto.

**Figura 8.** Retiro de pulpa y semilla de la guayaba.



Fuente: autor.

Una vez obtenidos los cascos de la etapa de despulpado, estos fueron sumergidos durante 5 minutos en una solución de ácido ascórbico al 1.5% para lograr conservación del color e inactivación de enzimas de la fruta, tal como se muestra en la figura 9.

**Figura 9.** Cascos de guayabas sumergidos en solución de ácido ascórbico al 1.5%



Fuente: autor.

Posteriormente los cascos de guayaba se introdujeron en el procesador de alimentos, como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.** Guayaba cortada en rodajas.



Fuente: autor.

Con la fruta ya lista, se determinaron las siguientes características fisicoquímicas: contenido de humedad por método de estufa (Estufa Universal Um Memmert modelo 55) a 105°C hasta peso constante (método AOAC 925.10), ceniza % (método AOAC 923.03), y fibra dietaria total % (método AOAC 985.29). Los resultados anteriores fueron realizados con tres repeticiones y expresados en gramos/100 gramos de fruta. A su vez, también se determinaron las siguientes características fisicoquímicas: sólidos solubles totales (SST) en °Brix (método AOAC 932.12) en un refractómetro digital (Reichert AR-200. USA), pH por método potenciómetro (Seven easy, Mettler Toledo Suiza), capacidad antioxidante (método espectrofotométrico), por medio de fluorómetro como el que se ilustra en la figura 11, en  $\mu\text{moles eq Trolox/g}$  muestra y contenido de vitamina C (método IN-GS-3.168 V9 2017-09-01) en mg/100g.

El contenido de humedad y cenizas se determinó en el Laboratorio de Investigaciones Agroindustriales del Centro Agropecuario de Buga – SENA (Buga, Colombia) y el contenido de fibra dietaria en el Laboratorio Ángel Bioindustrial (Cali, Colombia)

**Figura 11.** Fluorómetro para determinación de capacidad antioxidante.



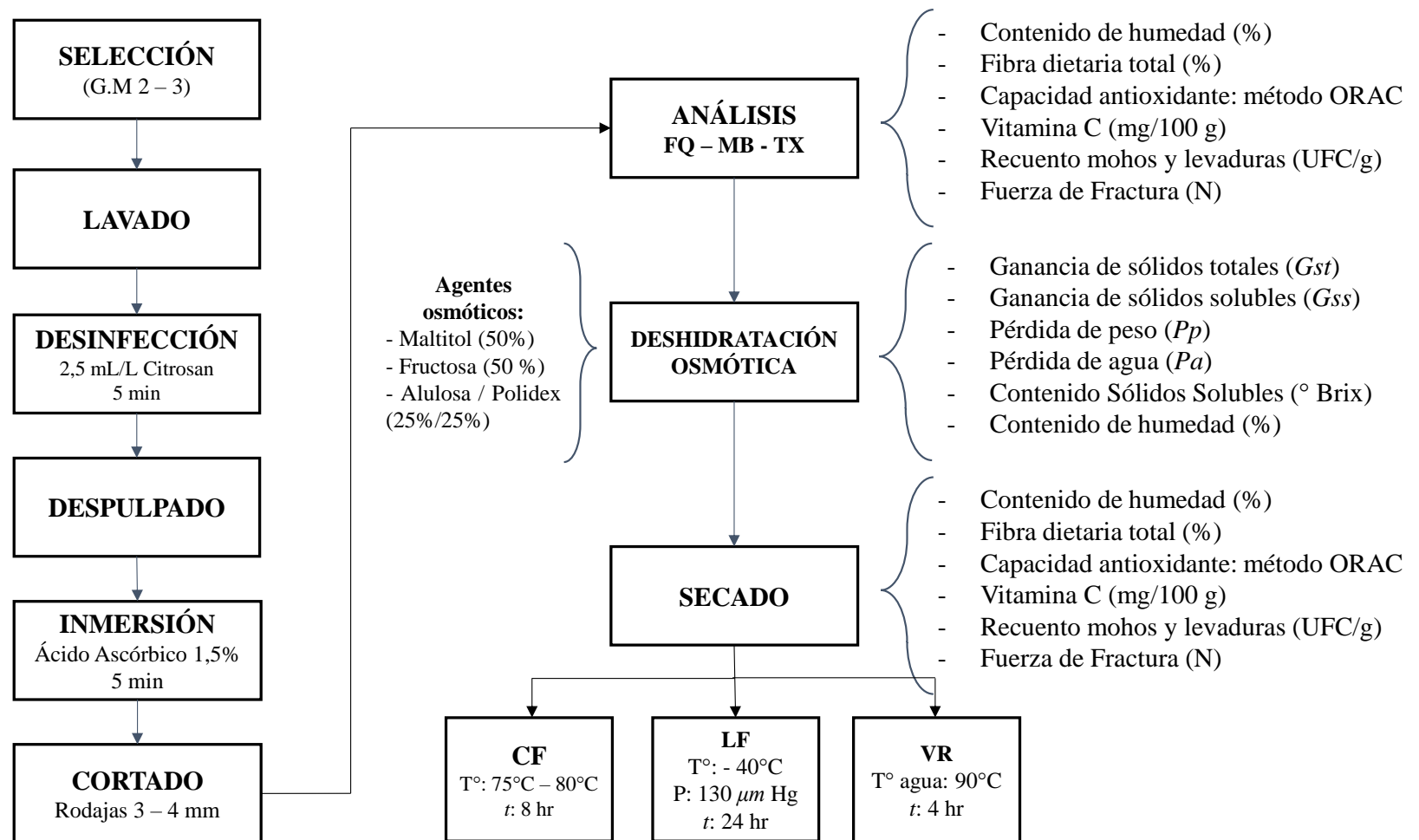
Fuente: autor.

La medición de °Brix y pH se realizó en las instalaciones de la empresa Productos de la Provincia. La capacidad antioxidante se determinó en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). El contenido de vitamina C se determinó en el Laboratorio de Análisis Tecnimicro (Medellín, Colombia).

En cuanto al análisis microbiológico de la fruta fresca, se realizó recuento de mohos y levaduras por el método recomendado por ICMSF, Volumen I, segunda Edición, 2000. Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio Ángel Bioindustrial (Cali, Colombia).

La metodología empleada en este trabajo se representa mediante un diagrama de flujo, como se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** Metodología empleada en el estudio “Evaluación del efecto de tres métodos de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (*Psidium guajava*)”.



Fuente: autor

## **Deshidratación osmótica como pretratamiento de secado**

Para la operación de deshidratación osmótica, se prepararon tres agentes osmóticos así: agente osmótico 1 (polialcohol, edulcorante con bajas calorías), agente osmótico 2 (un disacárido con propiedades edulcorantes similares a la fruta) y el agente osmótico 3 (una mezcla de edulcorante con bajas calorías y un ingrediente que aporta fibra al producto final). Estos agentes osmóticos difieren principalmente en su peso molecular, poder edulcorante, costo y las posibilidades de formulación que ofrecen. Las soluciones osmóticas utilizadas fueron: maltitol (50%), fructosa (50%) y alulosa-polidextrosa (25%-25%). La fructosa y el maltitol fueron suministrados por la empresa Ingredion, la alulosa fue suministrada por la empresa IPF (Ingredientes y productos funcionales) y la polidextrosa por la empresa Sucroal. Las fichas técnicas de estas materias primas se presentan en los anexos I, J, K y L.

Se prepararon 1000 g de cada solución, con el fin de evaluar la pérdida de peso del fruto, la ganancia de sólidos totales y sólidos solubles, y la pérdida de agua frente al tiempo de inmersión en cada solución.

La deshidratación osmótica se realizó durante tres (03) horas, en baño maría en una marmita de cinco (05) litros, en un rango de temperatura entre 45-65°C, en una relación peso muestra: peso solución osmótica 1:3 (333 g guayaba fresca: 1000 g de solución osmótica). Cada hora se realizaron mediciones del peso, contenido de humedad (%) y sólidos solubles totales (SST) en °Brix (AOAC 1990, método 932.12) de la fruta.

La composición porcentual y peso molecular de cada una de los agentes osmóticos utilizados, se encuentra a continuación en la tabla 7.



**Tabla 7.** Composición porcentual y peso molecular de los agentes osmóticos utilizados.

<b>Solución 1</b>	<b>Maltitol</b>	<b>Agua</b>	<b>Ácido cítrico</b>	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Peso molecular (g/mol)</b>
Porcentaje (%)	50	47	1.5	1.5	344.31
Cantidad (g)	500	470	15	15	
<b>Solución 2</b>	<b>Fructosa</b>	<b>Agua</b>	<b>Ácido cítrico</b>	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Peso molecular (g/mol)</b>
Porcentaje (%)	50	47	1.5	1.5	180.16
Cantidad (g)	500	470	15	15	
<b>Solución 3</b>	<b>Alulosa/Polidextrosa</b>	<b>Agua</b>	<b>Ácido cítrico</b>	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Peso molecular (g/mol)</b>
Porcentaje (%)	25/25	47	1.5	1.5	522.16
Cantidad (g)	250 / 250	470	15	15	

Fuente: autor.

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de la cinética del proceso de deshidratación osmótica, se calcularon los siguientes parámetros: ganancia de sólidos totales ( $Gst$ ), ganancia de sólidos solubles ( $Gss$ ), pérdida de peso ( $Pp$ ), y pérdida de agua ( $Pa$ ) y se realizaron las gráficas correspondientes para cada uno de los agentes osmóticos utilizados.

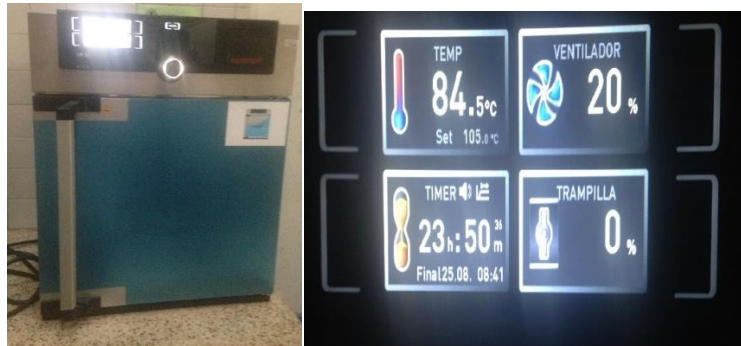
### **Ejecución de cada método de secado.**

Se sometieron a deshidratación osmótica 9 kg de cascos de guayaba, utilizando la solución osmótica y el tiempo de inmersión que presentó mejor comportamiento bajo las condiciones estudiadas. Posteriormente, se retiró el exceso de jarabe de los cascos osmodeshidratados utilizando una toalla absorbente. Se empacó en bolsas metalizadas debidamente rotuladas y conservadas en refrigeración a 4°C. Dos partes de la fruta (6 kg) se transportaron hacia la Empresa Sero Colombia (Condominio Industrial La Nubia, Candelaria, Valle del Cauca – Colombia), para realizar los procesos de secado por liofilización y convección forzada, y la tercera parte (3 kg) fue llevada al Laboratorio de

Fenómenos de Transporte de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle para realizar el proceso de secado por ventana de refractancia.

El secado convectivo (CF) se realizó en un equipo de bandejas de la empresa Sero Colombia (diseño propio con apoyo de INNPULSA), a una temperatura entre 75 y 80°C durante 8 horas. Este equipo se muestra en la figura 13.

**Figura 13.** Condiciones de operación en secado por convección forzada.



Fuente: autor.

El secado por liofilización (LF) se realizó en el equipo industrial de la empresa Sero Colombia (diseño propio con apoyo de INNPULSA) que utiliza parámetros establecidos de operación de temperatura de -40°C y presión de vacío de 130 micrones de Hg, con una duración de 24 horas.

El secado por ventana de refractancia (VR) se realizó en un secador construido por la empresa CEI-ROBOTS (Cali – Colombia). De acuerdo con la revisión bibliográfica, Rosero (2018) empleó una temperatura de operación de 90°C y un tiempo de 120 minutos en la deshidratación por VR para mango. Para la deshidratación de guayaba en este estudio, se siguió la metodología reportada por Díaz (2018) y Montealegre (2020) estableciendo una temperatura de secado de 90°C ± 2°C del medio conductor (agua), durante un tiempo de 4 horas, y una velocidad de la banda de  $4.16 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ . En la figura 14 se presenta una imagen del equipo de secado por ventana de refractancia.

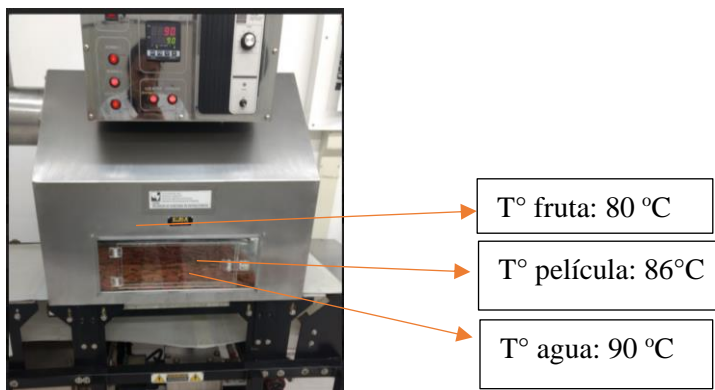
**Figura 14.** Equipo de ventana de refractancia.



Fuente: autor.

A continuación, en la figura 15 se ilustran los parámetros utilizados en este estudio para la operación de secado por ventana de refractancia de guayaba.

**Figura 15.** Temperaturas de proceso en secado por ventana de refractancia.



Fuente: autor.

## **Caracterización fisicoquímica de la guayaba deshidratada**

Una vez deshidratada la fruta, se determinaron las siguientes características fisicoquímicas: contenido de humedad por método de estufa (Estufa Universal Um Memmert modelo 55) a 105°C hasta peso constante (método AOAC 925.10) y fibra dietaria total % (método AOAC 985.29). Los resultados anteriores fueron realizados con tres repeticiones y expresados en gramos/100 gramos de fruta.

El contenido de humedad y cenizas se determinó en el Laboratorio de Investigaciones Agroindustriales del Centro Agropecuario de Buga – SENA (Buga, Colombia); y el contenido de fibra dietaria en el Laboratorio Ángel Bioindustrial (Cali, Colombia)

A su vez, se determinó la capacidad antioxidante (método espectrofotométrico) en  $\mu\text{moles eq Trolox/g}$  muestra, y contenido de vitamina C (método IN-GS-3.168 V9 2017-09-01) en  $\text{mg}/100\text{g}$ . La capacidad antioxidante se determinó en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). El contenido de vitamina C se determinó en el Laboratorio de Análisis Tecnimicro (Medellín, Colombia).

## **Caracterización microbiológica de la guayaba deshidratada**

En cuanto al análisis microbiológico de la fruta deshidratada, se realizó recuento de mohos y levaduras por el método recomendado por ICMSF, Volumen I, segunda Edición, 2000. Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio Ángel Bioindustrial (Cali, Colombia).

## **Análisis de textura de la guayaba para cada tratamiento**

Se evaluó la fuerza de fractura máxima (N), como indicador de medida de textura de la fruta, utilizando un texturómetro Shimadzu Universal Tester EZTest EZ-S. como el que se muestra en la figura 16, para la guayaba fresca y la guayaba deshidratada en cada tratamiento. El texturómetro se programó de acuerdo con lo reportado por Díaz (2018), prueba de comprensión, velocidad 60 mm/min, distancia de penetración la mitad del espesor de la fruta (entre 3 a 4 mm).

**Figura 16.** Texturómetro Shimadzu EZ – test.



Fuente: autor.

Las pruebas de textura del producto se efectuaron en el laboratorio de propiedades físicas y fenómenos de transferencia en alimentos de la Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle (Cali – Colombia).

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental unifactorial, completamente al azar (DCA), donde el factor de estudio fue el método de secado (CF, LF, VR) y las variables de respuesta fueron: contenido de humedad, fibra dietaria, contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y fuerza máxima de fractura. Los resultados se analizaron mediante ANOVA. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Para establecer diferencias significativas entre medias se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad de  $p < 0.05$ . Los datos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 20 versión 20.1

## Resultados y discusión

### Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la guayaba fresca.

Las características fisicoquímicas de la guayaba fresca obtenidas en este estudio, se presentan en la tabla 8.

El valor obtenido para el contenido de humedad y cenizas de la guayaba fresca se encuentra ligeramente por debajo del reportado en las tablas de composición de alimentos colombianos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018) para el estado pintón (82.80%). Por otra parte, el valor de pH se encuentra dentro del rango reportado por Solarte *et al.*, (2010), quien reportó valores de 4.04 y 4.10 para los estados de maduración pintón y maduro respectivamente. En cuanto al contenido de vitamina C, el valor obtenido se encuentra dentro de los valores reportados por Solarte *et al.*, (2010) para la variedad Regional Roja el cual osciló entre 11.25, 33.72 y 48.62 mg /100g de los municipios de Barbosa, Puente Nacional y Vélez (Santander, Colombia), respectivamente. Es importante resaltar que la variabilidad del contenido de vitamina C en la guayaba puede estar influenciada por las condiciones climáticas como radiación y temperatura. (Solarte *et al.*, 2010).

En cuanto al contenido de sólidos solubles (°Brix) obtenido para la guayaba fresca se encontró ligeramente por debajo de los valores reportados por Kumari *et al.*, (2020) quienes reportaron valores de 9.98 °Brix a 13.10 °Brix, para cinco variedades de guayaba en India. Estas variaciones en el contenido de sólidos solubles se deben a varias razones como la estacionalidad, el suelo y las condiciones climáticas. (Kumari *et al.*, 2020). Por su parte el contenido de fibra fue superior al reportado en las tablas de composición de alimentos colombianos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018) para los estados maduro y pintón (5.40 %).

El valor de la capacidad antioxidante se encontró dentro del rango obtenido para otras frutas colombianas como el banano y chontaduro cuyos valores reportados fueron

1008.67 ± 33.82 μmoles eq. Trolox/g muestra, y 1604.00 ± 141.23 μmoles eq. Trolox/g muestra, respectivamente. (Díaz, 2018; Montealegre, 2020)

Por su parte el valor de la fuerza máxima de fractura fue muy superior al obtenido para banano y chontaduro cuyos valores reportados fueron 9.09 ± 2.3 N y 93.15 ± 8.07 N respectivamente. (Díaz, 2018; Montealegre, 2020)

**Tabla 8.** Características fisicoquímicas de la guayaba fresca.

Parámetro	Resultado
Grado de maduración	2 - 3
Sólidos solubles (° Brix)	7.19 ± 0.15
pH	4.11 ± 0.16
Humedad (%)	79.56 ± 2.05
Cenizas (%)	0.57 ± 0.04
Fibra (g/100g)	23.93± 0.14
Capacidad Antioxidante (μmoles Eq.Trolox/g muestra)	1342.67 ± 7.64
Vitamina C (mg/100 g)	29.93 ± 4.77
Fuerza fractura máxima (N)	236.22 ± 23.42

Fuente: autor.

Los resultados obtenidos para el recuento microbiológico de la guayaba fresca se presentan en la tabla 9. Aquí se evidencia la efectividad de las etapas de limpieza y de desinfección realizadas previamente durante el alistamiento de la materia prima. Esto debido a que el desinfectante utilizado tiene acción bactericida y fungicida cuyo ingrediente activo es una mezcla de ácidos orgánicos. Los efectos inhibidores de los ácidos orgánicos pueden explicarse por el pH ácido y sus formas no disociadas, lo que da como resultado la acidificación del citoplasma de las células microbianas (Back, *et al.*, 2009). La ficha técnica del desinfectante utilizado se presenta en el anexo M.













**Tabla 9.** Características microbiológicas de la guayaba fresca.

Parámetro	Resultado
Mohos (UFC/g)	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10

Fuente: autor.

Finalmente, con el objetivo de estandarizar el proceso de recepción y alistamiento de la guayaba fresca requerida para el proceso, se realizó la ficha técnica, donde se indican el nombre, variedad de la fruta, grado de maduración, condiciones de recepción de la fruta, características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas, vida útil y condiciones de trazabilidad, como se muestra a continuación en la tabla 10.

**Tabla 10.** Ficha técnica guayaba fresca.

<b>FICHA TÉCNICA</b>																			
<b>Nombre:</b> Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> )																			
<b>Variedad:</b> Guayaba Pera																			
<b>Grado de Maduración:</b> Grado 2 a 3 de acuerdo con la tabla de color de maduración.																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Foto</th> <th>Escala de color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Verde</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">Pintón</td> </tr> </tbody> </table>	Foto	Escala de color	Estado		1	Verde		2	Pintón	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Foto</th> <th>Escala de color</th> <th>Estado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">Maduro</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">Sobremaduro</td> </tr> </tbody> </table>	Foto	Escala de color	Estado		3	Maduro		4	Sobremaduro
Foto	Escala de color	Estado																	
	1	Verde																	
	2	Pintón																	
Foto	Escala de color	Estado																	
	3	Maduro																	
	4	Sobremaduro																	
<b>Condiciones de recibo de la fruta.</b> La fruta será inspeccionada por control de calidad para su aceptación o rechazo. Se aceptan los frutos en su estado de madurez óptimo, sanos, de aspecto fresco y consistencia firme, libres de ataques de insectos y enfermedades que afecten la calidad interna del fruto, libres de humedad externa anormal y de cualquier olor y/o sabor extraño. Luego se someterán a limpieza y desinfección. El incumplimiento de uno de los aspectos anteriores es causal de devolución de la materia prima.																			
<b>Características fisicoquímicas</b>	<b>Características microbiológicas</b>																		
<b>Sólidos solubles (°Brix):</b> 7 - 9 <b>pH:</b> 4 - 5 <b>Humedad (%):</b> 75 - 80 <b>Fibra (%):</b> 23.99% <b>Vitamina A:</b> <20 UI/100g <b>Vitamina C:</b> 29.9 mg/100 g mínimo	<b>Recuento de mohos y levaduras (UFC/g):</b> < 10																		
<b>Características Organolépticas</b>																			
<b>Aroma:</b> suave y característico de la guayaba sana y de bajo grado de maduración. <b>Color:</b> verde intenso y homogéneo, característico de la guayaba, puede presentarse un ligero cambio de color amarillo, por los procesos naturales de oxidación de la fruta. <b>Sabor:</b> característico e intenso de la guayaba. Libre de cualquier sabor extraño. <b>Apariencia:</b> uniforme, libre de materiales extraños, admitiéndose muy bajo porcentaje de partículas oscuras propias de la guayaba. <b>Textura:</b> firme																			
<b>Vida útil.</b> 5 días en condiciones de refrigeración (4°C), sin interrupción de la cadena de frío.																			
<b>Identificación: Lote – Trazabilidad</b>																			
El lote se identifica con la fecha de vencimiento así: Día (números) Mes (letras) Año (números). El lote es un código asignado por la empresa Productos de la Provincia para garantizar su trazabilidad.																			

Fuente: autor.

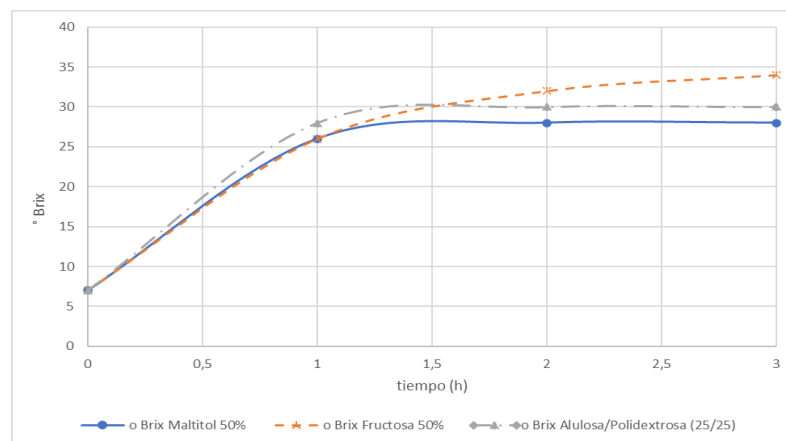


## Deshidratación osmótica como pretratamiento de secado

En este apartado, se presentan los resultados obtenidos para los parámetros de la operación de deshidratación osmótica en cuanto a ganancia de sólidos totales ( $Gst$ ), ganancia de sólidos solubles ( $Gss$ ), pérdida de peso ( $Pp$ ), y pérdida de agua ( $Pa$ ) para cada uno de los agentes osmóticos utilizados. Los datos obtenidos se encuentran tabulados en los anexos A, B y C.

Como se observa en la figura 17, iniciada la deshidratación osmótica se incrementa el contenido de sólidos solubles de la guayaba en los diferentes agentes osmóticos, por la transferencia del soluto contenido en el jarabe hacia la fruta. El contenido inicial de sólidos solubles en la guayaba fue 7.19 °Brix y transcurridas tres horas de tratamiento aumenta hasta un rango entre 28 y 34 °Brix, notándose la mayor concentración de sólidos solubles en el tratamiento con el agente osmótico fructosa al 50%. En todos los tratamientos, el aumento de sólidos solubles es más drástico durante la primera hora de proceso, debido a la presión osmótica que se ejerce en el sistema fruta-jarabe que se encuentra con una diferencia de concentración alta. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Ríos *et al.*, (2005) quienes evidenciaron que las primeras 2 horas de deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana, son las de mayor velocidad de eliminación de agua.

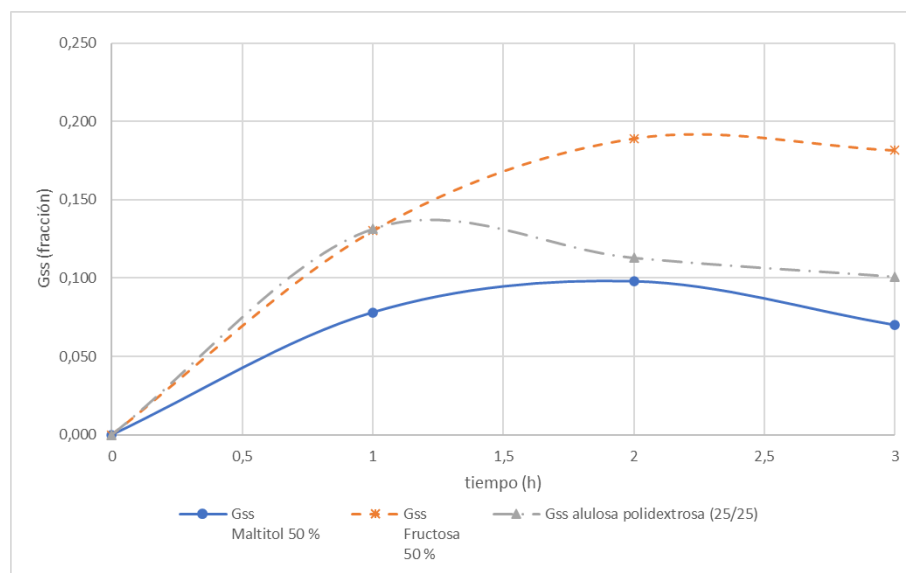
**Figura 17.** Contenido de Sólidos Solubles (°Brix) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.



Fuente: autor.

En la figura 18, se observa el comportamiento de la ganancia de sólidos solubles ( $G_{ss}$ ) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba, donde se evidencia un incremento de dicho valor a medida que transcurre el tiempo. Esta ganancia de sólidos solubles es más notoria durante la primera hora de proceso. Similar comportamiento fue reportado por Montealegre (2020) en la deshidratación osmótica de chontaduro. Para la deshidratación osmótica de la guayaba, la mayor ganancia de sólidos solubles se logra en el tratamiento con el agente osmótico de fructosa al 50% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados con un valor de 0.182. Este comportamiento confirma lo reportado por Prosapio y Norton (2017) en la deshidratación osmótica de fresas, quienes describen que los solutos de bajo peso molecular conducen a una mayor ganancia de sólidos en comparación de solutos con peso molecular alto.

**Figura 18.** Ganancia de sólidos solubles (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.

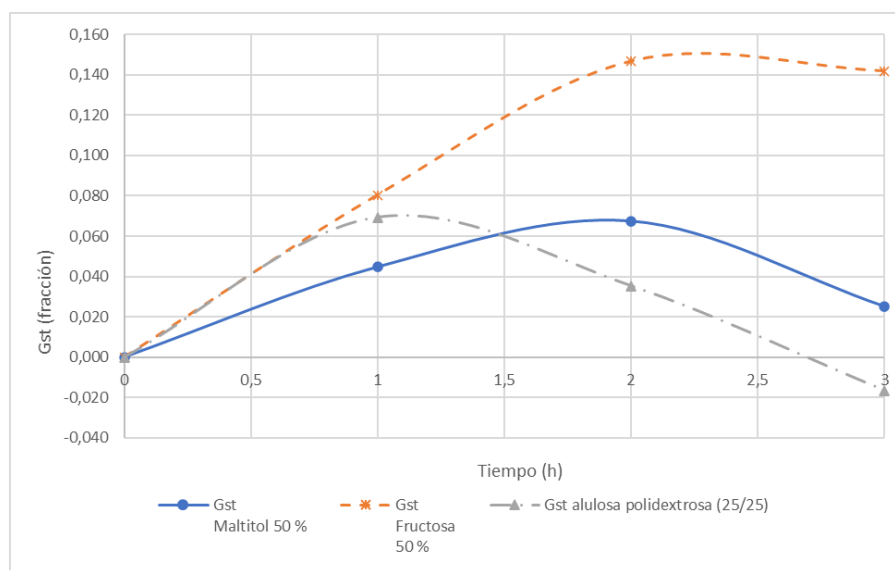


Fuente: autor.

El comportamiento de ganancia de sólidos totales ( $G_{st}$ ) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba se presenta en la figura 19, donde se evidencia un incremento de dicho valor, aproximadamente hasta las 2 horas utilizando el agente osmótico de fructosa 50% y maltitol 50% y luego se presenta un descenso, similar al

reportado por Montealegre (2020) para el agente osmótico de alulosa 60% utilizados en la deshidratación osmótica de chontaduro, mientras que para el agente osmótico alulosa-polidextrosa (25% - 25%), este descenso en la ganancia de sólidos totales ocurre a partir de la hora 1. En la deshidratación osmótica de la guayaba, la mayor ganancia de sólidos totales se logra en el tratamiento con el agente osmótico de fructosa al 50% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados con un valor de 0.142. Este comportamiento confirma lo reportado por Prosapio y Norton (2017) quienes describen que, durante la deshidratación osmótica, los solutos de bajo peso molecular conducen a una mayor ganancia de sólidos en comparación de solutos con peso molecular alto.

**Figura 19.** Ganancia de sólidos totales (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.

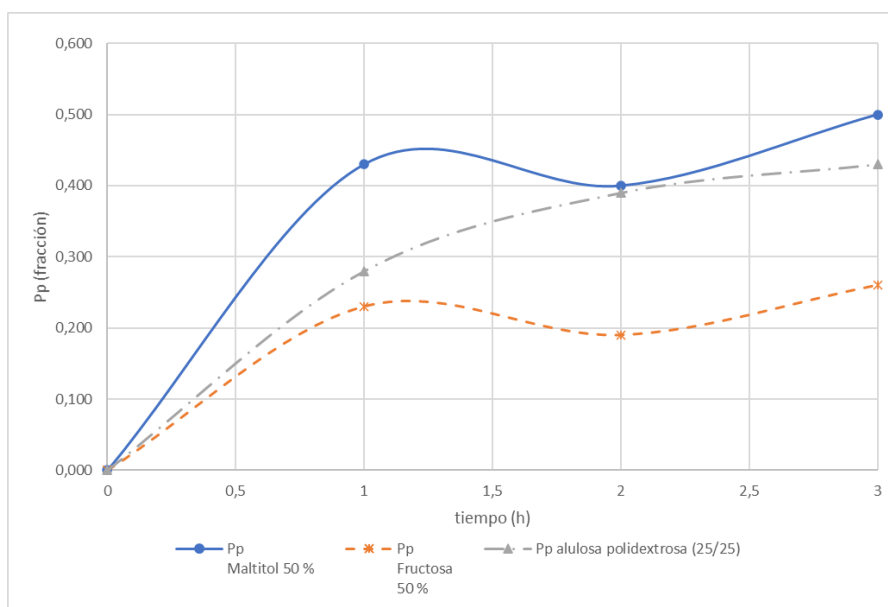


Fuente: autor.

El comportamiento de pérdida de peso ( $Pp$ ) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba se ilustra en la figura 20, donde se evidencia un incremento de dicho valor a medida que transcurre el tiempo. Esta pérdida de peso es más notoria durante la primera hora de proceso y sigue incrementando hasta la hora 3 de tratamiento. Similar comportamiento fue reportado por Montealegre (2020) para los agentes osmóticos de fructosa 50% y alulosa-polidextrosa 25% - 25% utilizados en la deshidratación osmótica de

chontaduro. En la deshidratación osmótica de la guayaba, la mayor pérdida de peso se logró en el tratamiento con el agente osmótico de maltitol al 50% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados con un valor de 0.500. Según afirman Zapata y Montoya (2012), la reducción de peso es una medida indirecta de la pérdida de agua en el producto osmodeshidratado. Para este caso, el resultado obtenido es similar al reportado por İspir y Toğrul (2009) en la deshidratación osmótica de albaricoque, quienes reportaron que la mayor pérdida de agua se obtuvo con soluciones de sacarosa cuyo peso molecular (342.2965 g/mol) es similar al peso molecular del maltitol utilizado en este estudio (344.31 g/mol)

**Figura 20.** Pérdida de peso (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.

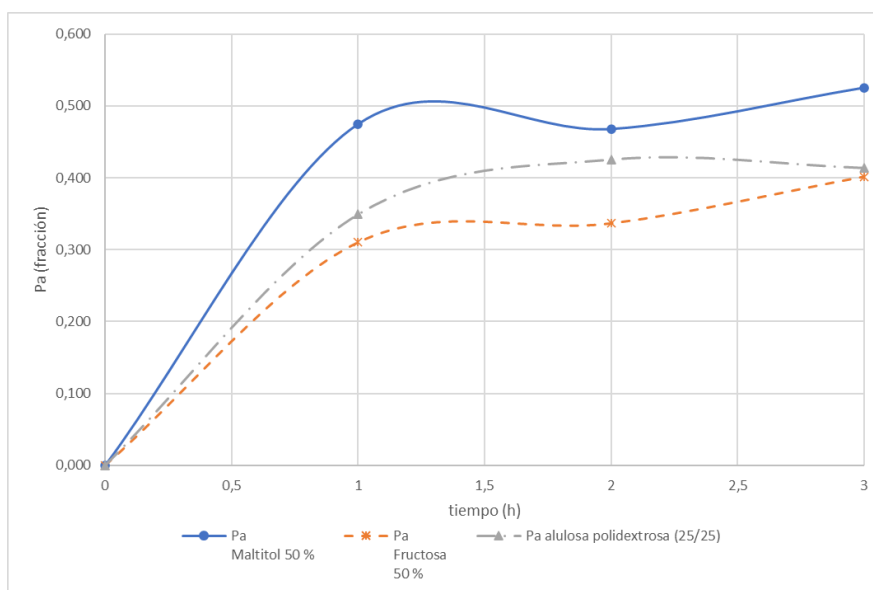


Fuente: autor.

El comportamiento de pérdida de agua ( $P_a$ ) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba se muestra en la figura 21, donde se evidencia un incremento de dicho valor a medida que transcurre el tiempo de deshidratación osmótica. Esta pérdida de agua es más notoria durante la primera hora de proceso y trata de equilibrarse a partir de la hora 2 hasta el final del tratamiento. Similar comportamiento fue reportado por

Montealegre (2020) para los agentes osmóticos de alulosa 60% y maltitol 60% utilizados en la deshidratación osmótica de chontaduro. En la deshidratación osmótica de la guayaba, la mayor pérdida de agua se logra en el tratamiento con el agente osmótico de maltitol al 50% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados con un valor de 0.525. Este resultado es similar al reportado por İspir y Toğrul (2009) en la deshidratación osmótica de albaricoque, quienes reportaron que la mayor pérdida de agua se obtuvo con soluciones de sacarosa cuyo peso molecular (342.2965 g/mol) es similar al peso molecular del maltitol utilizado en este estudio (344.31 g/mol)

**Figura 21.** Pérdida de agua (fracción) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.

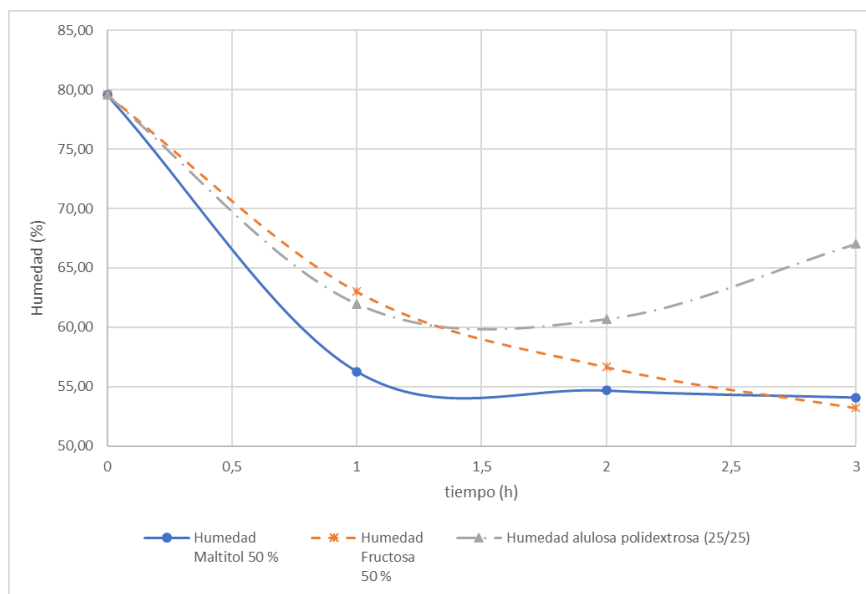


Fuente: autor.

Finalmente, el comportamiento del contenido de humedad (%) en función del tiempo de deshidratación osmótica se presenta en la figura 22, donde se evidencia una reducción de dicho valor a medida que transcurre el tiempo. Esta reducción es más notoria durante la primera hora de proceso y trata de equilibrarse a partir de la hora 2 hasta el final del tratamiento. Similar comportamiento fue reportado por Montealegre (2020) en la deshidratación osmótica de chontaduro. En la deshidratación osmótica de la guayaba, el

menor contenido de humedad se logra para el tratamiento con el agente osmótico fructosa al 50% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados, maltitol al 50 % y alulosa-polidextrosa (25% - 25%), con un valor de 53.22%.

**Figura 22.** Contenido de humedad (%) en función del tiempo de deshidratación osmótica para la guayaba en diferentes agentes osmóticos.



Fuente: autor.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Ríos *et al.*, (2005) para trozos de frutos de papaya osmodeshidratada en cuatro agentes edulcorantes (sacarosa, miel de caña, miel de abejas y crema de miel de abejas a 79 °Brix y 20 °C), la sacarosa presentó menor capacidad osmodeshidratante por su mayor peso y tamaño molecular. En este orden de ideas, la mayor capacidad osmodeshidratante de la fructosa sobre la guayaba evidenciada en este estudio, se puede explicar por su menor peso molecular (180.16 g/mol) en comparación con los otros dos agentes osmóticos maltitol (344.31 g/mol) y mezcla de alulosa-polidextrosa (522.16 g/mol) debido a que la velocidad de penetración del soluto a la fruta es directamente proporcional al nivel de concentración e inversamente al tamaño molecular del azúcar (Ríos *et al.*, 2005)

Por su parte, este resultado coincide con el reportado por Prosapio y Norton (2017), para la deshidratación osmótica de fresas, donde se observó que cuando se utilizó fructosa (180.16 g/mol) como agente osmótico, las muestras presentaron el contenido de humedad más bajo, frente a los demás agentes osmóticos utilizados: maltosa (342.3 g/mol), sacarosa (342.3 g/mol), y maltodextrina (504.4 g/mol)

Con el fin de establecer un factor de calidad de la fruta osmodeshidratada en relación con los agentes edulcorantes, Ríos *et al.*, (2005), seleccionó como parámetro el contenido de humedad final en trozos de frutos de papaya. De acuerdo con la información anteriormente obtenida, se definen las mejores condiciones para la operación de deshidratación osmótica de la guayaba como tratamiento previo a la operación de secado, teniendo en cuenta el agente osmótico que generó mayor reducción del contenido de humedad y el tiempo de proceso, como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Condiciones de la operación de deshidratación osmótica como tratamiento previo a la operación de secado.

Fruta	Agente Osmótico	Tiempo (h)	Observación
Guayaba	Fructosa 50% (Fructosa 50 % Agua 47 % Ácido Cítrico 1.5% Ácido Ascórbico 1.5)	3	Grado de maduración fruta (2 – 3)

Fuente: autor.

### **Evaluación del efecto del método de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba**

Los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas analizadas para la guayaba fresca y para la guayaba deshidratada por los métodos de CF, LF y VR, se presentan en la tabla 12.

**Tabla 12.** Características fisicoquímicas de guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)

Parámetro	Método de secado			
	Guayaba Fresca	CF	LF	VR
Humedad (%)	79.56 ± 2.05	15.12 ± 2.17	12.32 ± 1.59	14.13 ± 1.16
Fibra (g/100g)	23.93 ± 0.14	38.88 ± 0.38	40.60 ± 0.14	29.52 ± 0.06
Capacidad Antioxidante ( $\mu$ moles Eq. Trolox/g muestra)	1342.67 ± 7.64	2132.68 ± 1.43	2501.03 ± 2.24	3092.02 ± 1.22
Vitamina C (mg/100 g)	29.93 ± 4.77	8.61 ± 1.61	9.67 ± 1.10	25.44 ± 2.93
Fuerza fractura máxima (N)	236.22 ± 23.42	173.88 ± 1.08	220.46 ± 1.93	395.73 ± 2.18

Fuente: autor.

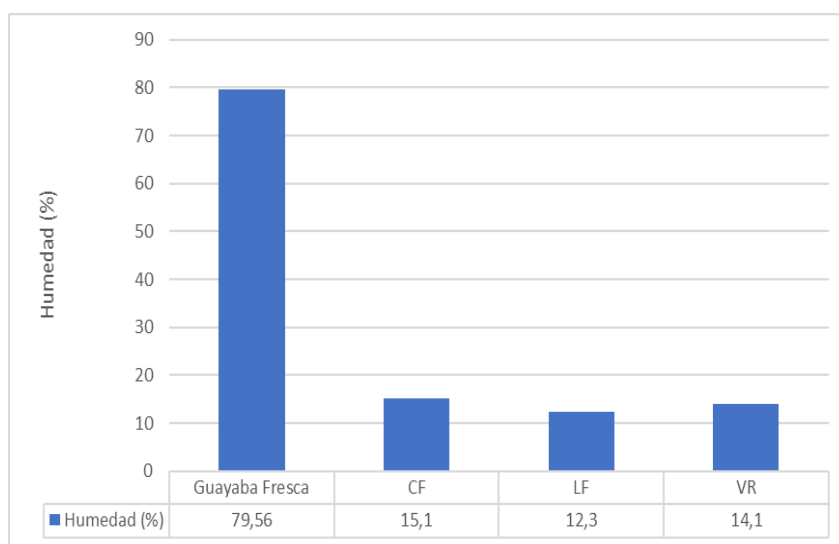
La mayor reducción del contenido de humedad se logró por el método de LF, seguido por VR y CF. Estos resultados contrastan con los reportados por Díaz (2018), en la evaluación del secado por CF, LF y VR para la obtención de un pasaboca de banano deshidratado. Así mismo, Montealegre (2020), reportó también el mismo comportamiento para el contenido de humedad en la obtención de chontaduro deshidratado por los mismos métodos. Por su parte, Serpa *et al.*, (2015) determinó que al comparar los resultados obtenidos de humedad final de guayaba deshidratada obtenida por los métodos de CF y LF, el método LF permitió alcanzar valores de humedad más bajos que el secado por CF. El menor contenido de humedad alcanzado por el método LF para la guayaba deshidratada en este estudio, se puede explicar porque durante la fase de desorción o desecación secundaria, se elimina hasta el 10% de agua ligada restante, con lo que se puede llegar hasta productos de una humedad del 2%. (Casp y Abril, 2003). De acuerdo con los parámetros establecidos en la resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud de Colombia, las frutas



deshidratadas deben contener mínimo un 12% de humedad. La guayaba deshidratada obtenida por los tres métodos en este estudio cumple con este parámetro.

Al contrastar el contenido de humedad de la guayaba fresca contra el contenido de humedad de la guayaba deshidratada por el método LF, se evidencia una reducción del 84.54%. Los valores obtenidos del contenido de humedad para cada tratamiento se ilustran en la figura 23.

**Figura 23.** Contenido de humedad (%) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)



Fuente: autor.

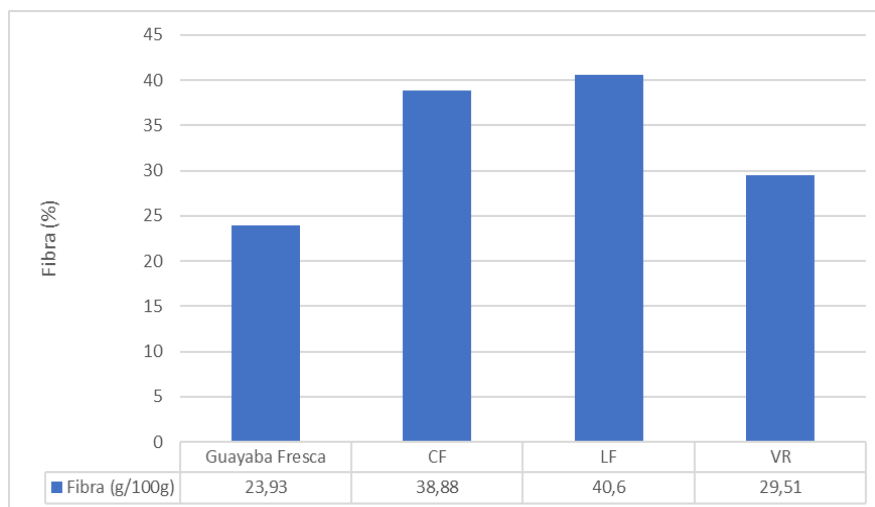
De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de humedad, se encontró que no existen diferencias significativas entre los métodos de secado, como se muestra en el anexo D.

Para el contenido de fibra, el mayor valor presentado para la guayaba deshidratada se obtuvo por el método de LF, seguido por CF y VR. Este resultado es similar al reportado por Díaz (2018), quien reportó que por el método LF la fibra obtuvo valores notoriamente superiores en la obtención de un pasaboca de banano deshidratado. Sin embargo, Montealegre (2020) reportó que la mayor disminución de fibra se observó en los frutos

sometidos a secado por VR y que no existen diferencias significativas en el contenido de fibra de pasabocas de chontaduro deshidratado entre los métodos de LF y CF. Por otra parte, Garau *et al.*, (2007) encontraron que las principales pérdidas de los carbohidratos de la pared celular de subproductos de naranja, se detectaron cuando los procedimientos de secado se ejecutaron a alta temperatura (90 °C). El mayor valor de contenido de fibra alcanzado por el método LF para la guayaba deshidratada en este estudio, se puede explicar porque las sustancias pécticas son más susceptibles a la degradación química inducida por enzimas o calor que otros componentes polisacáridos de la pared celular (Garau *et al.*, 2007).

Al contrastar el contenido de fibra de la guayaba fresca contra el contenido de fibra de la guayaba deshidratada por el método LF, se evidencia un incremento del 69.66 %. Los valores obtenidos del contenido de fibra para cada tratamiento se ilustran en la figura 24.

**Figura 24.** Contenido de fibra (%) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)



Fuente: autor.

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de fibra, se encontró que las diferencias entre los métodos de secado son estadísticamente significativas. Al realizar la comparación de parejas con la prueba de Tukey al 5% nivel de

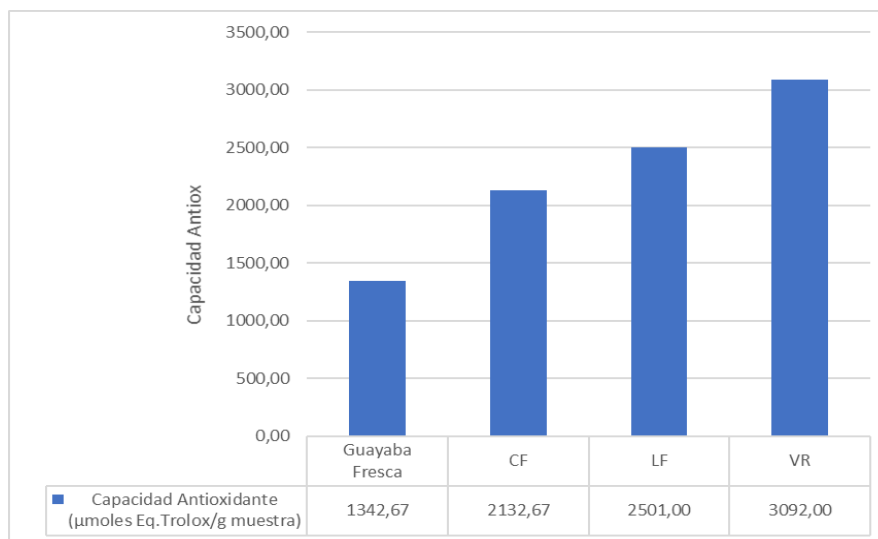
significancia, se observa que la diferencia entre los métodos VR - CF y VR – LF es significativa comparada con los tratamientos LF – CF como se muestra en el anexo E.

En cuanto a la capacidad antioxidante, el mayor valor presentado para la guayaba deshidratada se obtuvo por el método de VR, seguido por LF y CF. Estos resultados son similares a los reportados por Díaz (2018), donde se evidenció que el método de VR demostró ser superior y mostro mayor retención de la capacidad antioxidante en banano deshidratado en comparación con el obtenido por los métodos LF y CF. Sin embargo, Montealegre (2020) reportó que la capacidad antioxidante de pasabocas de chontaduro deshidratado por VR fue ligeramente más alta pero no significativamente diferente de la de las muestras sometidas a LF y CF. Así mismo, Nindo y Tang (2007) determinaron que los métodos LF y VR mostraron una mayor retención de antioxidantes totales en espárragos verdes. Por su parte, Chang *et al.*, (2006) concluyeron que diferentes procesos de secado podrían potenciar ciertos niveles de actividad antioxidante a través del aumento de los componentes antioxidantes para tomates deshidratados por CF y LF.

El mayor valor de capacidad antioxidante alcanzado por el método VR para la guayaba deshidratada en este estudio, se puede explicar porque durante el proceso de secado se logra el aumento de partes del contenido total de flavonoides, fenoles totales y licopeno. (Chang *et al.*, 2006). Así mismo, este resultado también puede explicarse porque el contenido de polifenoles en la guayaba deshidratada por VR, podría ser más alto que en los métodos LF y CF, esto debido a que el contenido de polifenoles es en gran parte responsable de la actividad antioxidante y la correlación positiva entre fenoles totales y actividad antioxidante se ha observado en estudios previos (Tan, *et al.*, 2020)

Al contrastar la capacidad antioxidante de la guayaba fresca contra la capacidad antioxidante de la guayaba deshidratada por el método VR, se evidencia un incremento de 130.29 %. Los valores obtenidos de capacidad antioxidante para cada tratamiento se ilustran en la figura 25.

**Figura 25.** Capacidad antioxidante ( $\mu\text{moles Eq.Trolox/g muestra}$ ) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)



Fuente: autor.

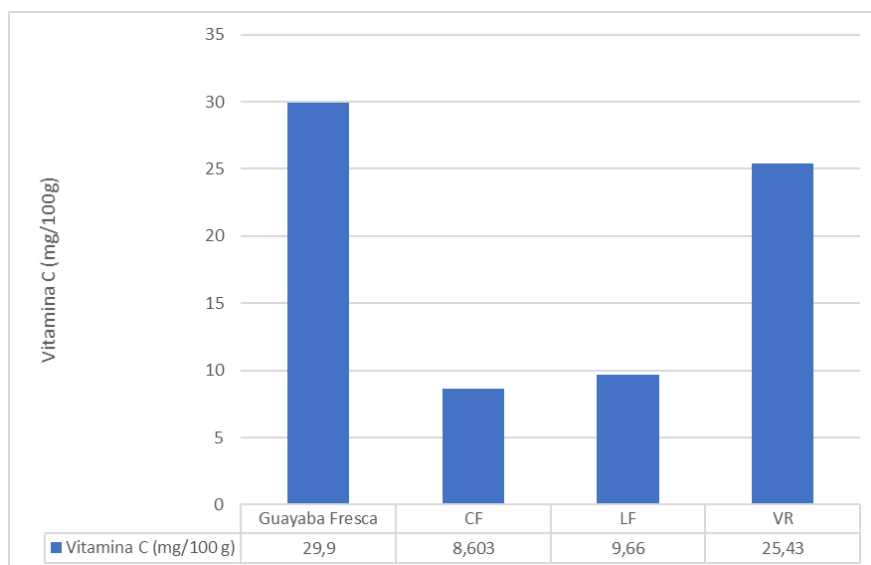
De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante, se encontró que las diferencias entre los métodos de secado son estadísticamente significativas. Al realizar la comparación de parejas con la prueba de Tukey al 5% nivel de significancia, se observa que la diferencia entre los métodos VR - CF y VR - LF es significativa comparada con los tratamientos LF - CF como se muestra en el anexo F.

Para el contenido de vitamina C, el mayor valor presentado para la guayaba deshidratada se obtuvo por el método de VR, seguido por LF y CF. Este resultado es similar al obtenido por Díaz (2018), quien reportó que el contenido de vitamina C fue superior por el método VR en comparación con los métodos CF y LF para la obtención de un pasaboca de banano deshidratado. Por su parte, Montealegre (2020), reportó que el método LF, es el método de secado que menos pérdidas de vitamina C generó (38,32%), en comparación con el fruto fresco para la evaluación pasabocas de chontaduro deshidratado. A su vez, Serpa *et al.*, (2015), reportaron que, al comparar las dos técnicas de deshidratación, CF y LF, los secados a 60 y 70 °C por CF, presentaron la mayor pérdida de

vitamina C en la deshidratación de guayaba-pera. El mayor contenido de vitamina C alcanzado por el método VR para la guayaba deshidratada en este estudio, se puede explicar por la menor temperatura a la que es sometido el producto y el tiempo de secado más corto. (Rajoriya *et al.*, 2019).

Al contrastar el contenido de vitamina C de la guayaba fresca contra el contenido de vitamina C de la guayaba deshidratada por el método VR, se evidencia una reducción del 14.95 %. Este valor concuerda con los resultados reportados por Rajoriya *et al.*, (2019), quienes indicaron que el secado de rodajas de manzana por el método VR a 90°C mostró la mayor retención de ácido ascórbico (80%) en comparación con los métodos de CF y LF. Los valores obtenidos del contenido de vitamina C para cada tratamiento se ilustran en la figura 26.

**Figura 26.** Contenido de vitamina C (mg/100g) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)



Fuente: autor.

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de vitamina C, se encontró que las diferencias entre los métodos de secado son estadísticamente significativas. Al realizar la comparación de parejas con la prueba de Tukey al 5% nivel de

significancia, se observa que la diferencia entre los métodos VR - CF y VR – LF es significativa comparada con los tratamientos LF – CF, estos últimos en este caso, no son estadísticamente diferentes, como se muestra en el anexo G.

Finalmente, en cuanto a las características microbiológicas, expresadas como recuento de mohos y levaduras/g, analizadas para la guayaba fresca y para la guayaba deshidratada por los métodos de CF, LF y VR, se presentan a continuación en la tabla 13.

**Tabla 13.** Características microbiológicas de guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)

Parámetro	Guayaba Fresca	Método de secado		
		CF	LF	VR
Mohos (UFC/g)	< 10	20	< 10	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10

Fuente: autor.

Para los tratamientos de LF y VR se obtuvo el mismo resultado para el recuento de mohos y levaduras. Se evidencia que el proceso de secado, mejora la estabilidad de la guayaba, debido a que disminuye el contenido de humedad y a su vez la actividad de agua, reduciendo así la actividad microbiológica (Casp y Abril, 2003). De acuerdo con los parámetros establecidos en la resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud de Colombia, el índice máximo permisible de recuento de mohos y levaduras para identificar nivel de buena calidad en frutas deshidratadas debe ser < 10 UFC/ g o ml. La guayaba deshidratada obtenida por los métodos LF y VR, cumplen con este parámetro. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Nindo y Tang (2007) quienes reportaron que el recuento microbiano después del secado por VR para puré de calabaza, se redujo en gran medida para todos los microorganismos analizados en dicho estudio. Así mismo, Montealegre (2020) reportó que pasabocas de chontaduro obtenidos por tres métodos de secado también cumplieron con este parámetro.

## Evaluación del efecto del método de secado sobre la textura de la guayaba

Los resultados obtenidos de la textura, expresada como fuerza de fractura máxima (N), para la guayaba fresca y para la guayaba deshidratada por los métodos de CF, LF y VR, se presentan a continuación en la tabla 14.

**Tabla 14.** Fuerza de fractura máxima (N) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)

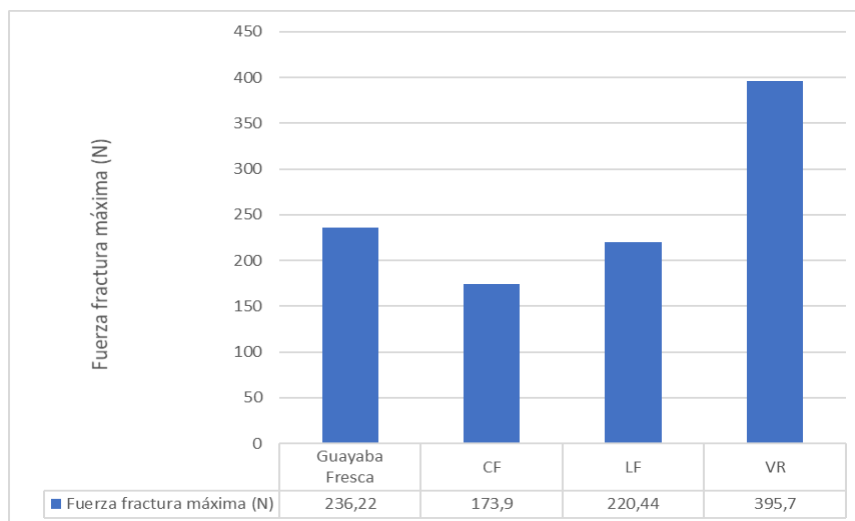
Parámetro	Guayaba Fresca	Método de secado		
		CF	LF	VR
Fuerza de Fractura Máxima (N)	236.22 ± 23.42	173.88 ± 1.08	220.46 ± 1.93	395.73 ± 2.18

Fuente: autor.

En cuanto a la fuerza de fractura máxima, el mayor valor presentado para la guayaba deshidratada se obtuvo por el método de VR, seguido por LF y CF. Estos resultados concuerdan con los reportados por Montealegre (2020) quien reportó que los mejores resultados en esta variable para la obtención de un pasaboca de chontaduro deshidratado se obtuvieron por el método de VR. Por otra parte, Díaz (2018), reportó los mejores resultados de esta variable en la obtención de un pasaboca de banano deshidratado, para los métodos de LF y VR, encontrando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor valor de fuerza de fractura máxima alcanzado por el método VR para la guayaba deshidratada en este estudio, se puede explicar porque a la temperatura de operación, el calor coagula las proteínas del protoplasma y destruye las propiedades de las paredes celulares, perdiéndose la turgencia de los tejidos (Casp y Abril, 2003), además, durante el secado por VR se presentan los tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación simultáneamente. (Nindo y Tang, 2007)

Al contrastar la fuerza de fractura máxima de la guayaba fresca y la guayaba deshidratada por el método VR, se evidencia un incremento del 67.51 %. Los valores obtenidos de la fuerza de fractura máxima para cada tratamiento se ilustran en la figura 27.

**Figura 27.** Fuerza de Fractura Máxima (N) para guayaba fresca y guayaba deshidratada obtenida por tres diferentes métodos de secado (CF, LF y VR)



Fuente: autor.

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) para la fuerza máxima de fractura, se encontró que las diferencias entre los métodos de secado son estadísticamente significativas. Al realizar la comparación de parejas con la prueba de Tukey al 5% nivel de significancia, se observa que la diferencia entre los métodos VR - CF y VR - LF es significativa comparada con los tratamientos LF - CF, como se muestra en el anexo H.

### **Valores óptimos para cada variable de respuesta obtenidos en cada método de secado (CF, LF y VR)**

En la tabla 15 se presentan los valores óptimos obtenidos para cada variable de respuesta en cada método de secado, teniendo en cuenta que para el contenido de humedad el valor óptimo es el menor valor obtenido y para las variables de contenido de fibra, contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y fuerza de fractura máxima, el valor óptimo corresponde al mayor valor obtenido. En cuanto al resultado microbiológico, el



valor óptimo corresponde con el indicado en la legislación colombiana vigente para frutas deshidratadas para identificar nivel de buena calidad (< 10 UFC/g)

**Tabla 15.** Resultado de valores óptimos para cada variable de respuesta obtenidos en cada método de secado (CF, LF y VR)

<b>Parámetro</b>	<b>Método de secado</b>	<b>Resultado</b>
Humedad (%)	LF	12.32 ± 1.59
Fibra (g/100g)	LF	40.60 ± 0.14
Capacidad Antioxidante ( $\mu$ moles Eq.Trolox/g muestra)	VR	3092.02 ± 1.22
Vitamina C (mg/100 g)	VR	25.44 ± 2.93
Fuerza fractura máxima (N)	VR	395.73 ± 2.18
Mohos y levaduras (UFC/g)	LF - VR	< 10

Fuente: autor.

De acuerdo con los anteriores resultados, se evidencia que el método de secado por VR para producir guayaba deshidratada es idóneo porque se obtiene un producto con características fisicoquímicas propias de una fruta deshidratada, con buen aporte nutricional en cuanto al contenido de vitamina C y capacidad antioxidante y además cumple con los requisitos establecidos en la legislación colombiana vigente para frutas deshidratadas para identificar nivel de buena calidad (< 10 UFC/g).

## Conclusiones

Las mejores condiciones para la operación de deshidratación osmótica de la guayaba, se obtuvieron utilizando jarabe de fructosa al 50% como agente osmótico durante tres horas, para fruta con grado de maduración entre 2 - 3. Bajo estas condiciones se consiguió el menor contenido de humedad final logrando una reducción del 79.56% al 53.22% frente a los otros dos agentes osmóticos utilizados en este estudio (maltitol al 50% y mezcla de alulosa 25%-polidextrosa 25%)

Una vez la fruta fue sometida a los diferentes métodos de secado, se observó que no existen diferencias significativas entre éstos en cuanto al contenido de humedad, obteniendo la humedad más baja por el método de LF ( $12.32 \pm 1.59$  %). Para el contenido de fibra, se encontró que existen diferencias significativas entre los métodos de secado, obteniendo mayor contenido de fibra por el método de LF ( $40.60 \pm 0.14$  %). A su vez, para la capacidad antioxidante y contenido de vitamina C, se encontró también que existen diferencias significativas entre los métodos de secado, obteniendo la mayor capacidad antioxidante y mayor contenido de vitamina C por el método de VR ( $3092.02 \pm 1.22$   $\mu$ moles Eq.Trolox/g muestra y  $25.44 \pm 2.93$  mg/100 g, respectivamente)

En cuanto a las características microbiológicas, se encontró que la guayaba deshidratada obtenida por los métodos LF y VR, cumple con los parámetros establecidos en la legislación colombiana vigente para identificar nivel de buena calidad en frutas deshidratadas ( $< 10$  UFC/g). Para la variable de fuerza de fractura máxima, como indicador de textura de la fruta, se encontró que existen diferencias significativas entre los métodos de secado, obteniendo la mayor fuerza de fractura por el método de VR ( $395.73 \pm 2.18$  N).

Los resultados de este estudio mostraron que el método de secado por VR para producir guayaba deshidratada es idóneo porque se obtiene un producto con características fisicoquímicas propias de una fruta deshidratada, con buen aporte nutricional y cumple con los requisitos establecidos en la legislación vigente.

## Recomendaciones

Además del contenido de humedad como parámetro de calidad en productos deshidratados, se recomienda analizar también la actividad de agua ( $a_w$ ) como indicador más preciso de la estabilidad del producto.

Profundizar el estudio de deshidratación osmótica para la guayaba evaluando el comportamiento de esta operación con diferentes concentraciones de fructosa como agente osmótico, u otros agentes de similar peso molecular.

Estudiar más a fondo el efecto del método de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria, analizando detalladamente la capacidad de hinchamiento, capacidad de retención de agua y capacidad adsorción de grasas.

Analizar el contenido de fenoles totales y flavonoides para establecer una correlación precisa de estos componentes con la capacidad antioxidante de la fruta.

Continuar con un análisis sensorial y un estudio de vida útil del producto deshidratado y analizar la viabilidad financiera para su producción a escala industrial.

## Bibliografía

- Back, S.-Y., Jin, H.-H., y Lee, S.-Y. (2009). Inhibitory effect of organic acids against *Enterobacter sakazakii* in laboratory media and liquid foods. *Food Control*, 20(10), 867–872. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.11.002>
- Casp y Abril, V.A., y Abril, R.J. (2003) Procesos de conservación de alimentos. AMV Ediciones. Madrid. España.
- Ceballos, P. A. (2016). Operaciones en la industria de alimentos y la agroindustria. Universidad de Caldas. Manizales. Colombia.
- Chang, C.-H., Lin, H.-Y., Chang, C.-Y., y Liu, Y.-C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 478–485. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061>
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., y García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Díaz Urbano, C. E. (2018). Evaluación de tecnologías de secado en las propiedades fisicoquímicas del banano (*Cavendish valery*). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Palmira, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25177>
- Fellows., P.J. (2009). Food Processing Technology: Principles and Practice: Vol. 3rd ed. Woodhead Publishing.
- Flores, G., Wu, S.-B., Negrin, A., y Kennelly, E. J. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of seven cultivars of guava (*Psidium guajava*) fruits. *Food Chemistry*, 170, 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.076>
- Garau, M. C., Simal, S., Rosselló, C., y Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry*, 104(3), 1014–1024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.009>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México D.F. McGraw-Hill.
- Ibarz, A., y Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar y Universidad Nacional De Colombia. (2018). Tabla De Composición De Alimentos Colombianos (TCAC) 2018. In Icbf (pp. 1–147). [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac\\_web.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac_web.pdf)
- İspir, A., y Toğrul, İ. T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research & Design: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part A*, 87(2), 166–180. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2008.07.011>
- Kumari, P., Mankar, A., Karuna, K., Homa, F., Meiramkulova, K., y Siddiqui, M. W. (2020). Mineral composition, pigments, and postharvest quality of guava cultivars commercially grown in India. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100061>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Cadena de Guayaba. Indicadores e Instrumentos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 18. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2018-0930%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 2674 de 2013. Por la cual se establecen los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública. <https://www.invima.gov.co/documents/20143/441790/2674.pdf/8b63e134-a442-bae3-4abf-9f3270451c67>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 3929 de 2013. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos (pp. 1–29). <https://www.invima.gov.co/documents/20143/441425/Resolucion-3929-2013.pdf/28252dd6-41eb-a575-8ec4-c876e6326a5e>
- Montealegre, Y. (2020). Caracterización fisicoquímica y nutricional de pasabocas de chontaduro (*Bactris gasipaes*) empleando para su elaboración diferentes tecnologías de secado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Florencia, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/31888>
- Muñoz-López, C., Urrea-García, G. R., Jiménez-Fernández, M., Rodríguez-Jiménez, G. del C., y Luna-Solano, G. (2018). Effect of drying methods on the physicochemical and

- thermal properties of Mexican plum (*Spondias purpurea L.*) . *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 127–134. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1345984>
- Nazmi Izli, Gokcen Izli, y Onur Taskin. (2018). Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. *Journal of Food*. 16, (1), 213–221. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1381174>
- Nindo, C. I., y Tang, J. (2007). Refractance Window Dehydration Technology: A Novel Contact Drying Method. *Drying Technology*, 25(1), 37–48. <https://doi.org/10.1080/07373930601152673>
- Nunes, J. C., Lago, M. G., Castelo-Branco, V. N., Oliveira, F. R., Torres, A. G., Perrone, D., y Monteiro, M. (2016). Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. *Food Chemistry*, 197(Part A), 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.050>
- Ochoa-Martínez, C. I., Quintero, P. T., Ayala, A. A., y Ortiz, M. J. (2012). Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.032>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., y Ministerio de Salud. (2013). Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. In Fao. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/perfil-nacional-consumo-frutas-y-verduras-colombia-2013.pdf>
- Pérez, P., Morales, J. y Ulloa, A. (2002). Efecto del cloruro de calcio sobre la textura de piña (*Cayena lisa*) deshidratada osmóticamente por pulsos de vacío y estabilizada por métodos combinados. *Alimentos, ciencia e ingeniería*. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 11 (1), 67 – 81. [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24475/2/Alimentos\\_11\\_1\\_2002.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24475/2/Alimentos_11_1_2002.pdf)
- Prosapio, V., y Norton, I. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze-drying performance. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>
- Raghavi, L. M., Moses, J. A., y Anandharamakrishnan, C. (2018). Refractance window drying of foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 222, 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>
- Rajoriya, D., Shewale, S. R., y Hebbar, H. U. (2019). Refractance Window Drying of Apple Slices: Mass Transfer Phenomena and Quality Parameters. *Food and*

- Bioprocess Technology*, 12(10), 1646 – 1658. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02334-7>
- Ríos-Pérez, M. M., Márquez-Cardozo, C. J., y Ciro-Velásquez, H. J. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*carica papaya l.*) en cuatro agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín; Vol. 58, núm. 2. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/36555>
- Rosero-Chamorro, I. M. (2018). Comparación de técnicas de secado de ventana refractiva y convección forzada en frutas tropicales. Tesis de Maestría. Diseño y Gestión de Procesos Industriales. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín. Colombia. <https://repositorio.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4188?locale-attribute=en>
- Serpa-Guerra, A. M., Vásquez-Osorio, D. C., Castrillón-Martínez, D. C., y Hincapié-Llanos, G. A. (2015). Comparación de dos técnicas de deshidratación de guayabapera (*Psidium guajava L.*) sobre los efectos del contenido de vitamina C y el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria. *Revista Lasallista de Investigación*, 12(1), 10–20. <https://doi.org/10.22507/rli.v12n1a1>
- Singh, R.P., Heldman, D.R. (2014). Introduction to Food Engineering. Academic Press. USA.
- Tan, S., Wang, Z., Xiang, Y., Deng, T., Zhao, X., Shi, S., Zheng, Q., Gao, X., y Li, W. (2020). The effects of drying methods on chemical profiles and antioxidant activities of two cultivars of *Psidium guajava* fruits. *LWT, Food Science and Technology*. 118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108723>
- Solarte, M., Hernández, M., Morales, A., Fernández – Trujillo, J. y Melgarejo, L. (2010). Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11139>
- Zapata, J. E., y Montoya, A. (2012). Deshidratación Osmótica de Láminas de Mango cv. Tommy Atkins Aplicando Metodología de Superficies de Respuesta. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 65(1),6507-6518. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340021>

## Anexos

### Anexo A. Resultados OD con agente osmótico maltitol al 50%

Tiempo de inmersión (h)	Maltitol 50%							
	Peso fruta (g)	°Brix	Humedad %	Ganancia sólidos totales	Ganancia sólidos solubles	Pérdida de peso	Pérdida de agua	Humedad BS %
0	333	7	79,56	0,000	0,000	0	0,000	389,237
1	189,81	26	56,28	0,045	0,078	0,430	0,475	128,728
2	199,8	28	54,68	0,068	0,098	0,400	0,468	120,653
3	166,5	28	54,09	0,025	0,070	0,500	0,525	117,817

### Anexo B. Resultados OD con agente osmótico fructosa al 50%

Tiempo de inmersión (h)	Fructosa 50%							
	Peso fruta (g)	°Brix	Humedad %	Ganancia sólidos totales	Ganancia sólidos solubles	Pérdida de peso	Pérdida de agua	Humedad BS %
0	333	7	79,56	0,000	0,000	0	0,000	389,237
1	256,41	26	63,01	0,080	0,130	0,230	0,310	170,343
2	269,73	32	56,66	0,147	0,189	0,190	0,337	130,734
3	246,42	34	53,22	0,142	0,182	0,260	0,402	113,767

### Anexo C. Resultados OD con agente osmótico alulosa 25% - polidextrosa - 25%

Tiempo de inmersión (h)	Alulosa/Polidextrosa (25/25)							
	Peso fruta (g)	°Brix	Humedad %	Ganancia sólidos totales	Ganancia sólidos solubles	Pérdida de peso	Pérdida de agua	Humedad BS %
0	333	7	79,56	0,000	0,000	0	0,000	389,237
1	239,76	28	61,98	0,069	0,132	0,280	0,349	163,019
2	203,13	30	60,69	0,035	0,113	0,390	0,425	154,388
3	189,81	30	67,02	-0,016	0,101	0,430	0,414	203,214



## Anexo D. ANOVA Contenido de Humedad.

### ANOVA de un solo factor: Humedad (%) vs. MétodoSecado

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
MétodoSecado	3	CF; LF; VR

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MétodoSecado	2	12,04	6,020	2,12	0,202
Error	6	17,07	2,845		
Total	8	29,11			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,68669	41,36%	21,82%	0,00%

#### Medias

MétodoSecado	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
CF	3	15,12	2,17	(12,73; 17,50)
LF	3	12,323	1,585	(9,941;14,706)
VR	3	14,130	1,155	(11,747;16,513)

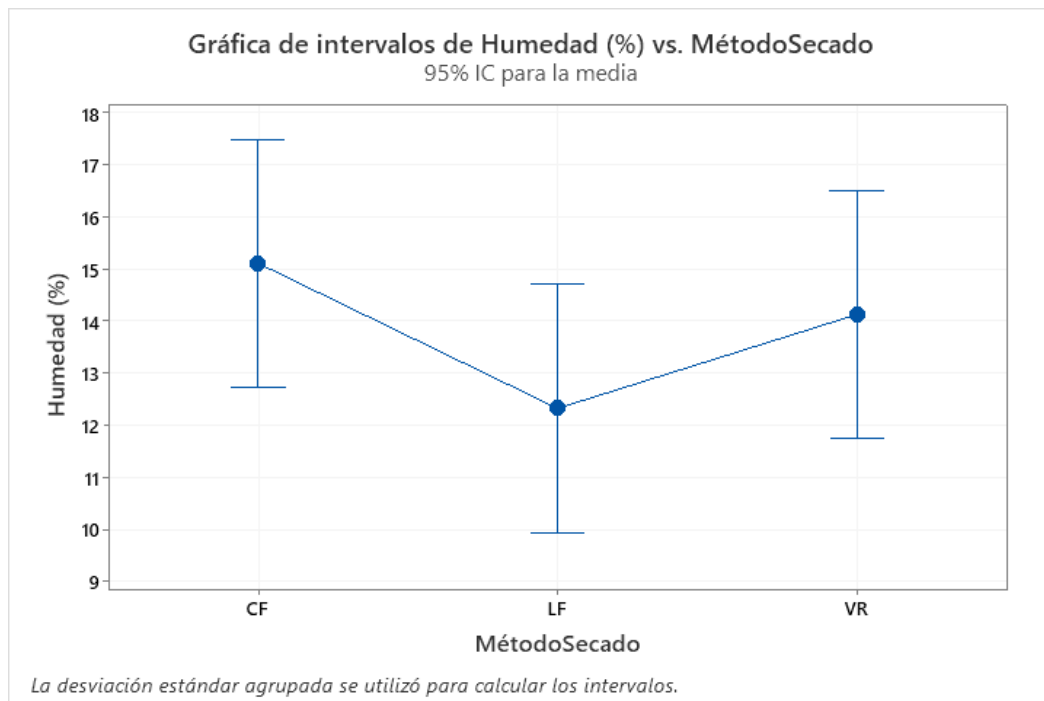
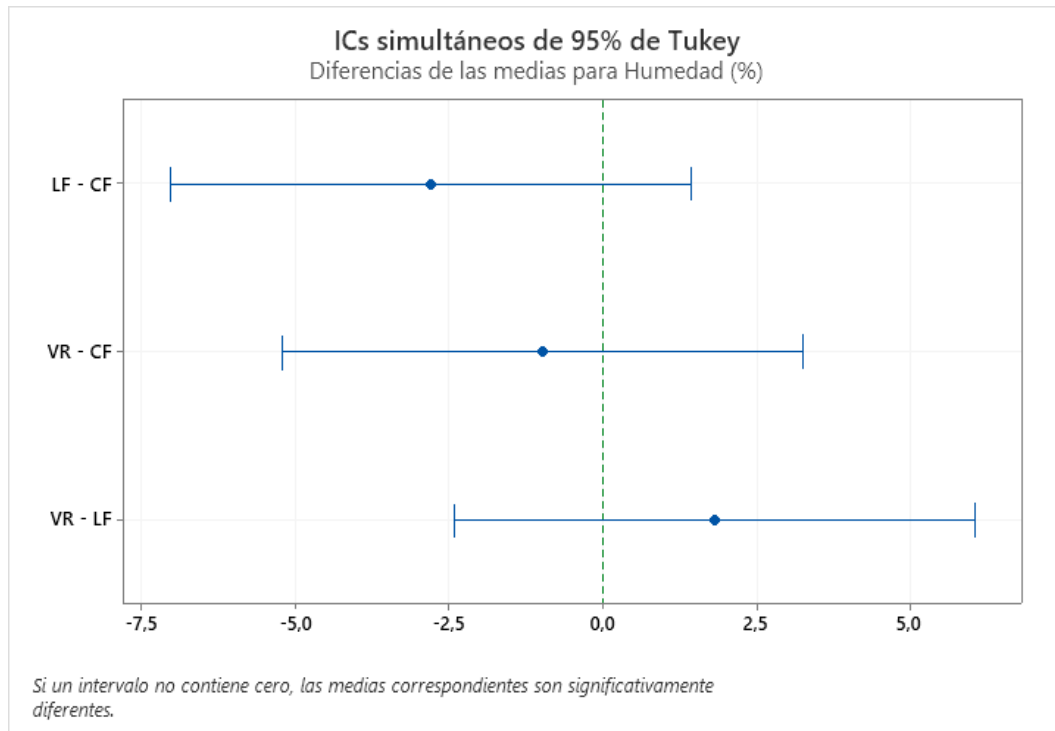
Desv.Est. agrupada = 1,68669

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MétodoSecado	N	Media	Agrupación
CF	3	15,12	A
VR	3	14,130	A
LF	3	12,323	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo D. (Continuación)



## Anexo E. ANOVA Contenido de Fibra.

### ANOVA de un solo factor: Fibra (g/100g) vs. MétodoSecado

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
MétodoSecado	3 VR	CF; LF;

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MétodoSecado	2	213,522	106,761	1954,53	0,000
Error	6	0,328	0,055		
Total	8	213,849			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,233714	99,85%	99,80%	99,66%

#### Medias

MétodoSecado	N	Media	Desv.Est. IC de 95%
CF	3	38,883	0,375 (38,553;39,214)
LF	3	40,6000	0,1400 (40,2698;40,9302)
VR	3	29,5167	0,0603 (29,1865;29,8468)

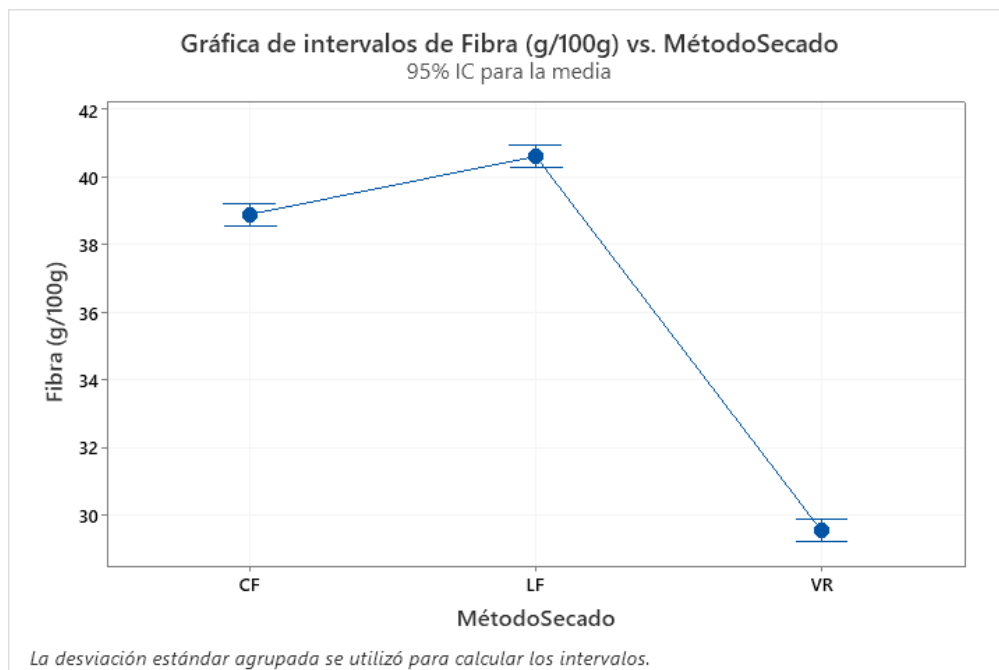
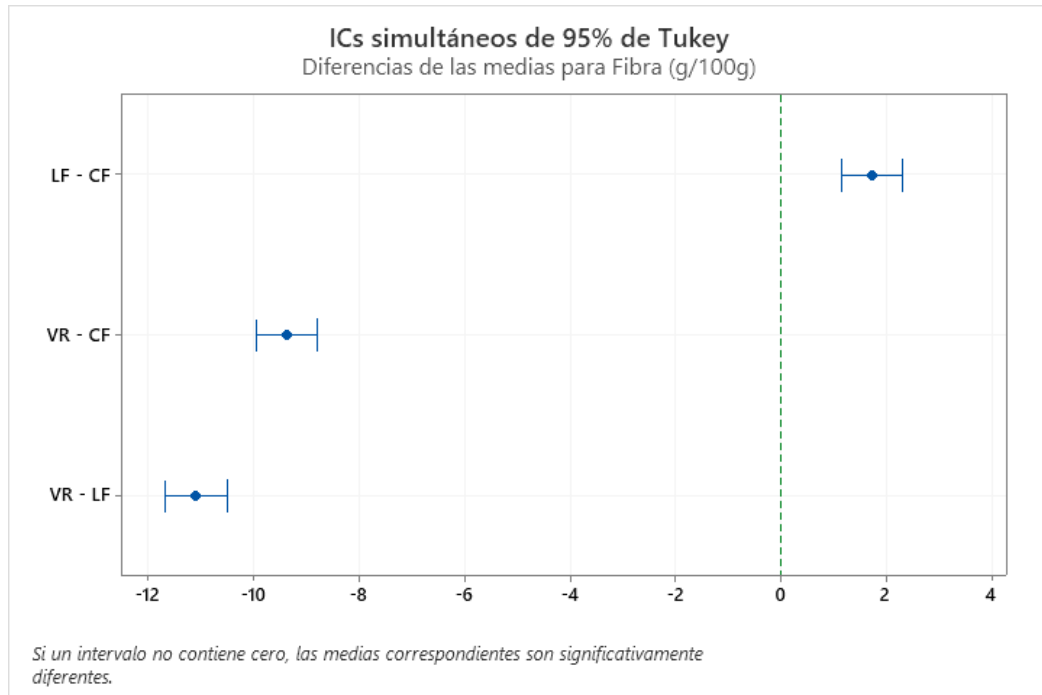
Desv.Est. agrupada = 0,233714

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MétodoSecado	N	Media	Agrupación
LF	3	40,6000	A
CF	3	38,883	B
VR	3	29,5167	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo E. (Continuación)



## Anexo F. ANOVA Capacidad Antioxidante.

### ANOVA de un solo factor: Capacidad Antiox vs. Método Secado

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
MétodoSecado	3 VR	CF; LF;

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MétodoSecado	2	1405401	702700	241478,72	0,000
Error	6	17	3		
Total	8	1405418			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,70587	100,00%	100,00%	100,00%

#### Medias

MétodoSecado	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
CF	3	2132,67	1,45	(2130,26;2135,08)
LF	3	2501,02	2,28	(2498,61;2503,43)
VR	3	3092,05	1,20	(3089,64;3094,46)

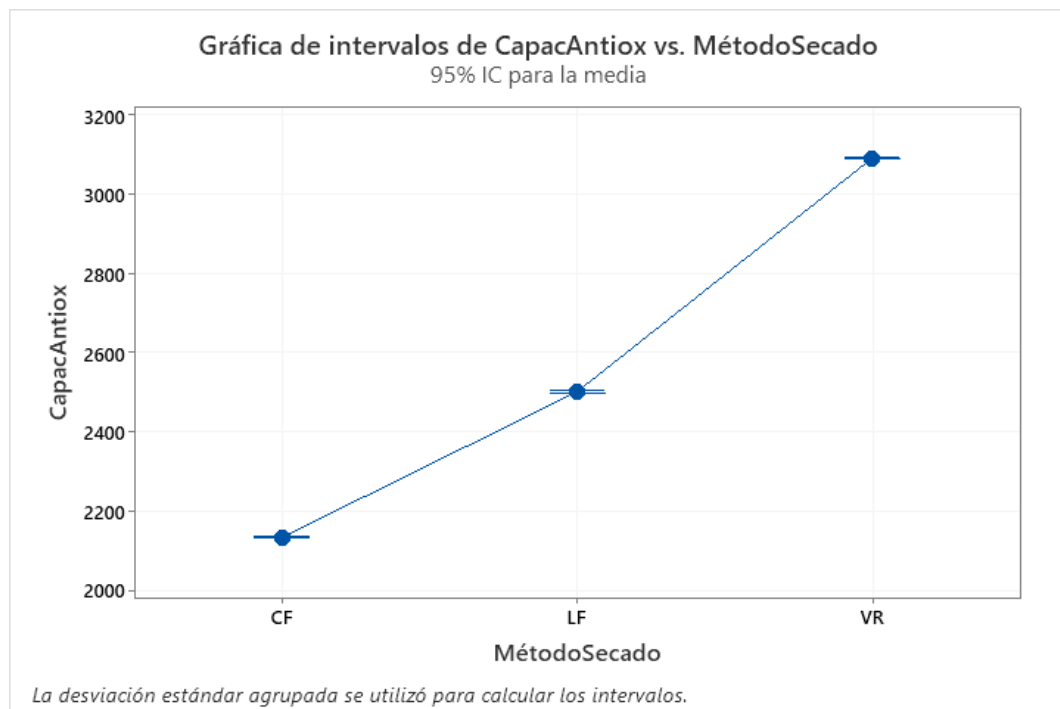
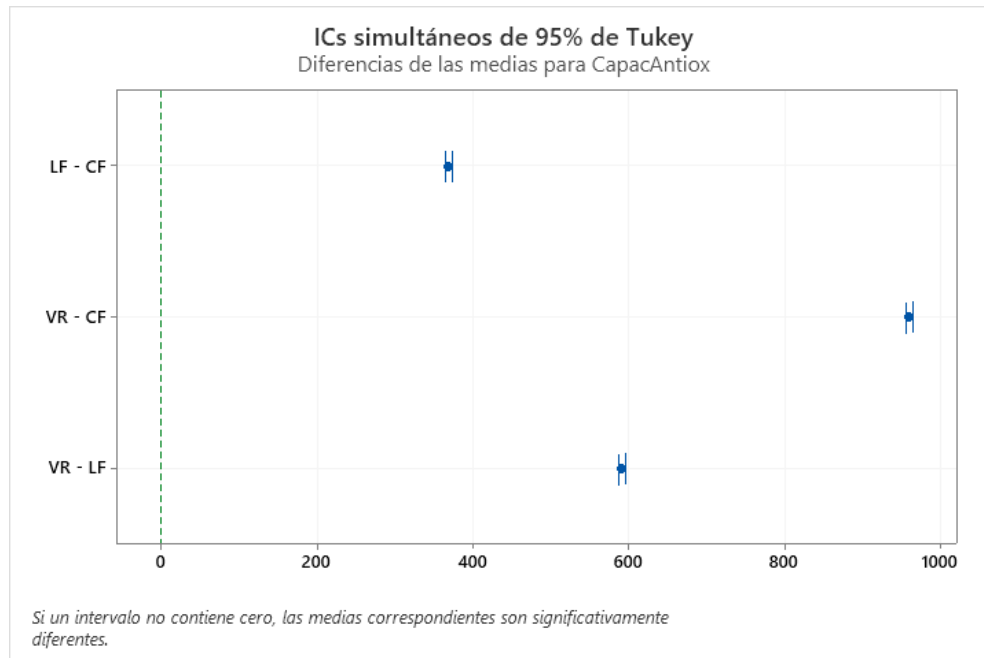
Desv.Est. agrupada = 1,70587

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MétodoSecado	N	Media	Agrupación
VR	3	3092,05	A
LF	3	2501,02	B
CF	3	2132,67	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo F. (Continuación)



## Anexo G. ANOVA Contenido de Vitamina C.

### ANOVA de un solo factor: VitC (mg/100g) vs. MétodoSecado

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
MétodoSecado	3	CF; LF; VR

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MétodoSecado	2	533,21	266,606	64,76	0,000
Error	6	24,70	4,117		
Total	8	557,91			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,02894	95,57%	94,10%	90,04%

#### Medias

MétodoSecado	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
CF	3	8,609	1,608	(5,742;11,475)
LF	3	9,667	1,100	(6,800;12,533)
VR	3	25,44	2,93	(22,57; 28,31)

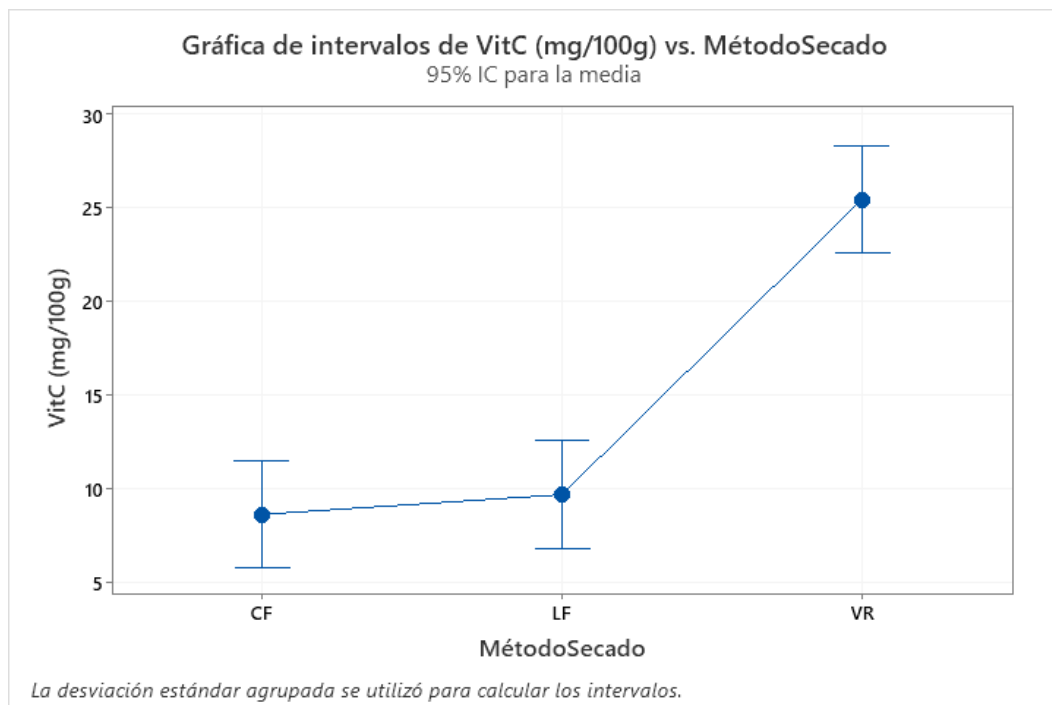
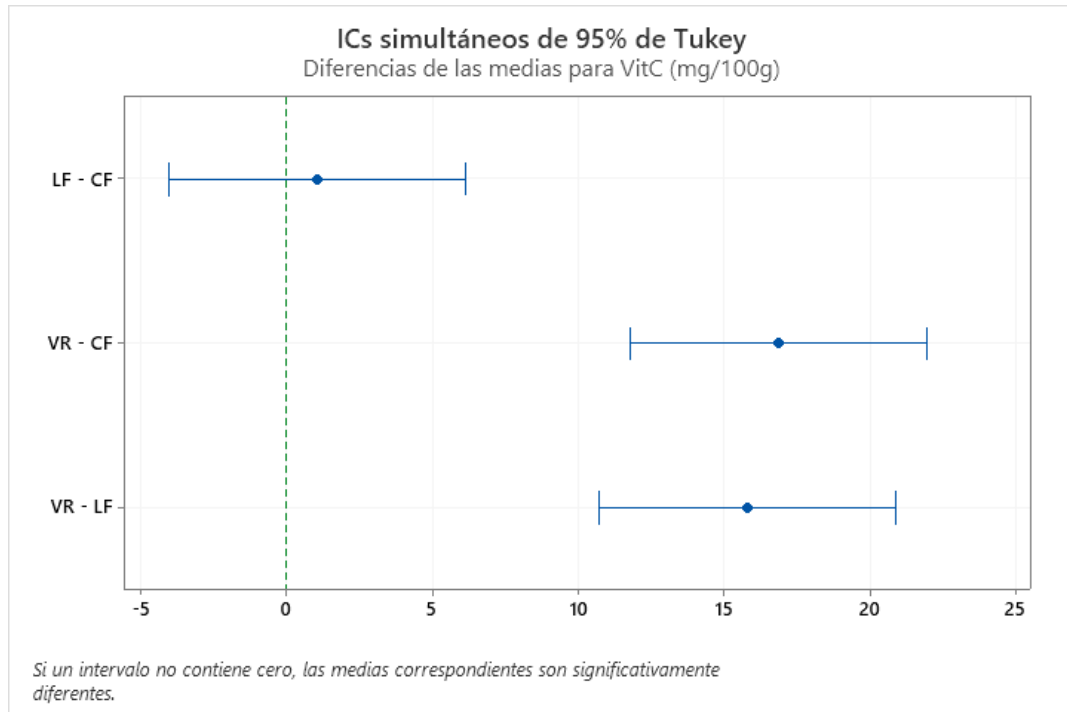
Desv.Est. agrupada = 2,02894

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MétodoSecado	N	Media	Agrupación
VR	3	25,44	A
LF	3	9,667	B
CF	3	8,609	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo G. (Continuación)





## Anexo H. ANOVA Fuerza de Fractura Máxima.

### ANOVA de un solo factor: FuerzaFractura (N) vs. MétodoSecado

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
MétodoSecado	3	CF; LF; VR

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MétodoSecado	2	82106,7	41053,3	12809,42	0,000
Error	6	19,2	3,2		
Total	8	82125,9			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,79023	99,98%	99,97%	99,95%

#### Medias

MétodoSecado	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
CF	3	173,877	1,075	(171,348;176,406)
LF	3	220,46	1,93	(217,93; 222,99)
VR	3	395,73	2,18	(393,20; 398,26)

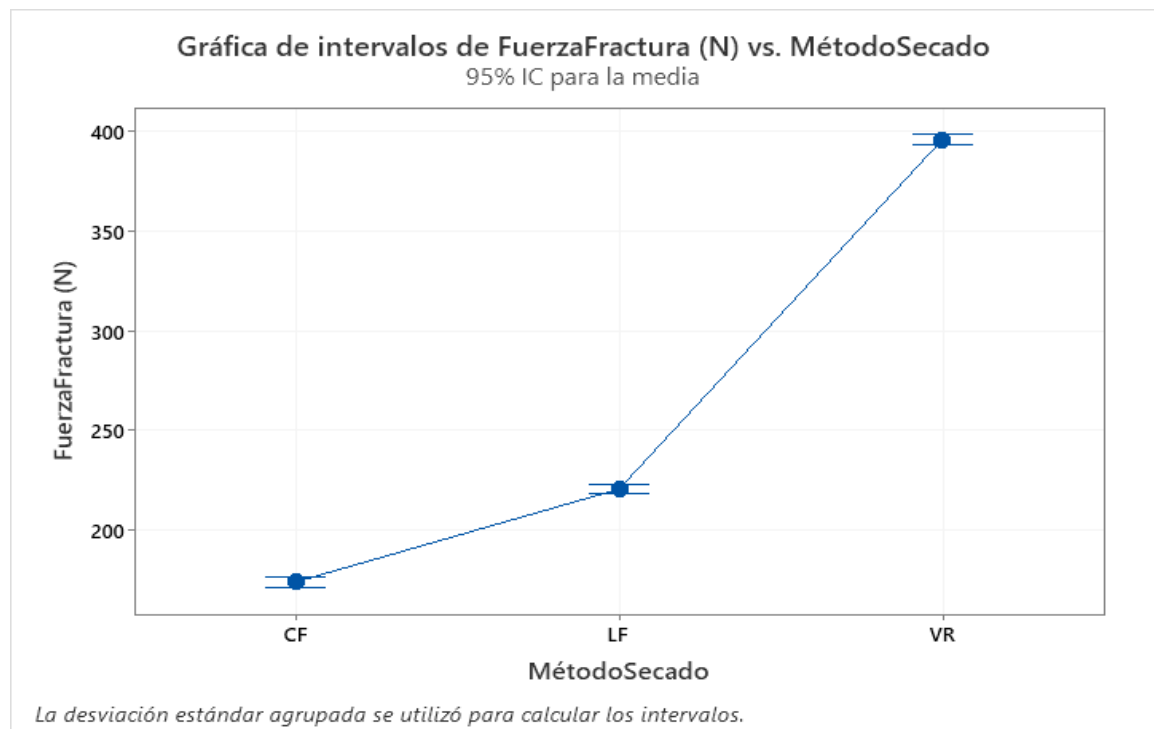
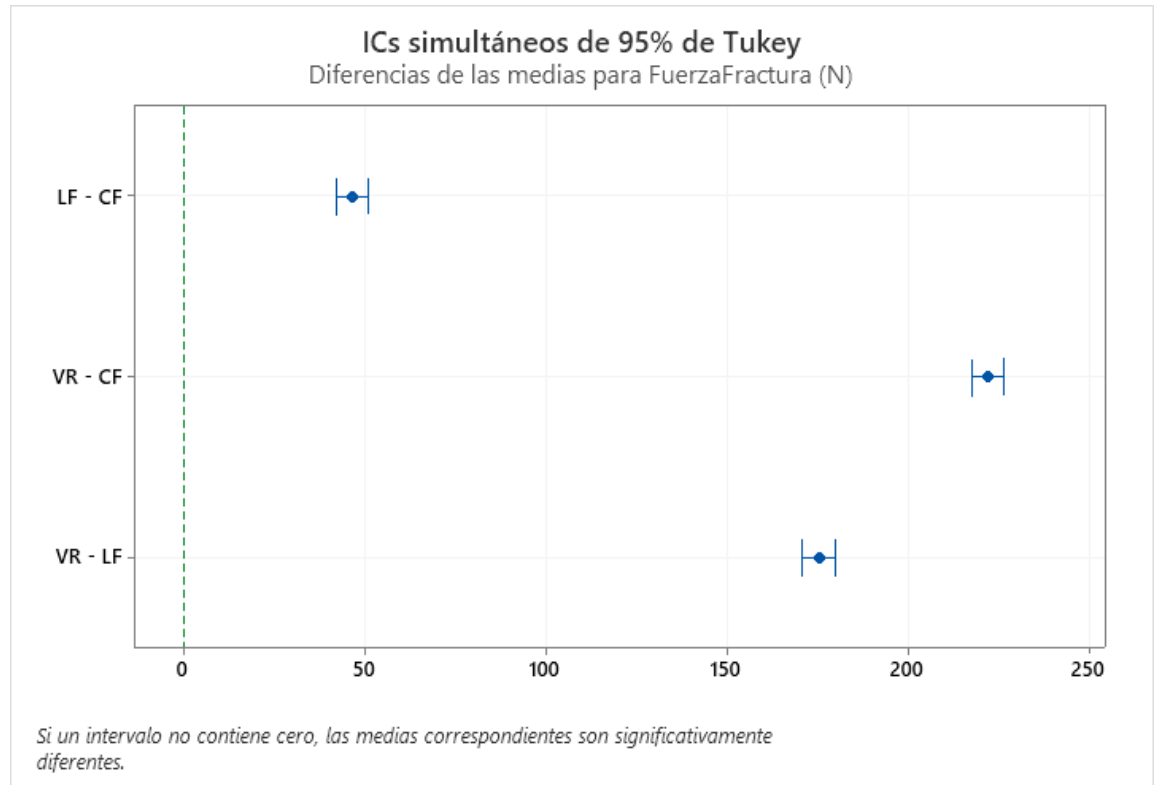
Desv.Est. agrupada = 1,79023

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

MétodoSecado	N	Media	Agrupación
VR	3	395,73	A
LF	3	220,46	B
CF	3	173,877	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Anexo H.** (Continuación)



## Anexo I. Ficha técnica maltitol.

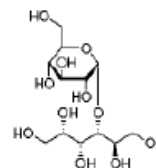
**SIGMA-ALDRICH**<sup>®</sup>

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com)Email USA: [techserv@sial.com](mailto:techserv@sial.com)Outside USA: [eurtechserv@sial.com](mailto:eurtechserv@sial.com)**Product Specification**Product Name:  
Maltitol -  $\geq 98\%$ 

Product Number:	M8892
CAS Number:	585-88-6
MDL:	MFCD00006600
Formula:	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>11</sub>
Formula Weight:	344.31 g/mol
Storage Temperature:	2 - 8 °C



TEST	Specification
Appearance (Color)	White
Appearance (Form)	Powder
Solubility (Color)	Colorless
Solubility (Turbidity)	Clear
50 mg/ml, H <sub>2</sub> O	
Specific Rotation	104.6 - 108.8 °
C = 10, in H <sub>2</sub> O, at 20 deg C	
Purity (HPLC)	$\geq 98\%$

Specification: PRD.1.ZQ5.10000023722

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at Sigma-Aldrich.com. For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

## Anexo J. Ficha técnica fructosa.

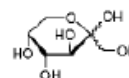
**SIGMA-ALDRICH®**

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com)Email USA: [techserv@sial.com](mailto:techserv@sial.com)Outside USA: [eurtechserv@sial.com](mailto:eurtechserv@sial.com)**Product Specification**Product Name:  
D-(-)-Fructose - ≥99%

Product Number:	F0127
CAS Number:	57-48-7
MDL:	MFC00148910
Formula:	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
Formula Weight:	180.16 g/mol



TEST	Specification
Appearance (Color)	White
Appearance (Form)	Powder
Solubility (Color)	Colorless
Solubility (Turbidity)	Clear
50 mg/mL, H <sub>2</sub> O	
Infrared spectrum	Conforms to Structure
Impurity (by Enzymatic)	≤ 0.05 %
Glucose	
Purity (HPLC)	≥ 99 %
Recommended Retest Period	-----
5 Years	

Specification: PRD.2.ZQ5.10000007160

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at [Sigma-Aldrich.com](http://Sigma-Aldrich.com). For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

## Anexo K. Ficha técnica alulosa.



Vermogenweg 3  
3641 SR Mijdrecht  
The Netherlands

tel.: 31 297 303118  
fax: 31 20 5241356  
email: sales@hunan-chem.com



www.hunan-chem.com

Trade registration nr. 50769421 Chamber of Commerce Utrecht

## PRODUCT DATA SHEET

Product Name: Allulose  
Molecular Formula: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>  
CAS No.: 551-68-8

## Description

Allulose is one of many "rare sugars" — substances found ubiquitously in nature like several plants, fruits, vegetables, and other foods. Allulose can be used for its near-zero caloric content as well as its true "sucrose-like" sweetness at ~ 70% that of crystalline sucrose, almost same as erythritol, 1/2 sweetness of fructose.

## Specification

Item	Powder	Liquid	
Appearance	White Crystal or crystalline powder, without peculiar smell, without the impurity	White or light yellow liquid without peculiar smell, without the impurity	
D-allulose (dry basis) (%) (** Can be customized)	98 min.	20 min.	50 min.
Moisture (%)	7 max.	--	
Solid content (%)	--	65 min.	
pH	3.0 – 7.0		
Ash (dry basis) (%)	0.5 max.		
Total plate count (cfu/g)	3000 max.		
Yeast (cfu/g)	25 max.		
Mold (cfu/g)	25 max.		
Coliform (MPN/g)	0.3 max.		
Pathogenic bacteria (Salmonella, Shigella, Staphylococcus aureus),	Negative		
As (ppm)	1.0 max.		
Pb (ppm)	0.5 max.		
Cu (ppm)	0.5 max.		

## Packaging

Packaged in multi-layer craft paper bag with double food grade PE inner bag, net 25kg/bag.  
(Other packaging types are available on requests)

## Shelf life

24 months if stored under recommended storage conditions.

## Storage condition

Should be stored in a cool, ventilated and dry place below 40°C and relative humidity less than 70%.

## Anexo L. Ficha técnica polidextrosa.

TDS Hunan Chemical BV



Vermogenweg 3  
3841 SR Mijdrecht  
The Netherlands

tel.: 31 297 303118  
fax: 31 20 5241358  
email: sales@hunan-chem.com



www.hunan-chem.com

Trade registration nr. 50769421 Chamber of Commerce Utrecht

## Product Data Sheet

Product Name:	Polydextrose
Molecular Formula:	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>
CAS No.:	68424-04-4
EC No.:	614-467-9
Standard according as:	GB T25541-2010/ FCC IV
Grade type of product:	Type I, Type II, Type III and Type IV

## Description

suitable acid. It is a soluble prebiotic fiber and a premium low-calorie bulking agent used to provide body and texture in reduced-calorie and low-calorie foods. It is easy to use in a variety of applications to replace all or part of the sweetener solids and replace full caloric bulking agents in those formulations.

It is very soluble in water (approximately 80g/100ml at 20°C), but only sparingly soluble to insoluble in most organic solvents.

## Specifications

Item	Standard		
	II	III	IV
Appearance	Cream-white powder	Cream white or light yellow powder	Cream white or light yellow powder
Color	Light yellow	Light yellow	Yellow or brown
Assay, as Polydextrose, % *	90.0 min.	90.0 min.	98.0 min.
Moisture (Water), %	4.0 max.	4.0 max.	4.0 max.
pH Range (10% solution)	2.5 – 7.0	3.5 – 5.0; 4.5 – 6.0	3.5 – 5.0; 4.5 – 6.0
Sulfated ash ( residue on ignition), %	0.30 max.	0.30 max.	0.30 max.
1,6 anhydro-D-glucoses, % *	4.0 max.	4.0 max.	1.0 max.
Sorbitol %	2.0 max.	2.0 max.	1.0 max.
Glucose and Sorbitol, % *	6.0 max.	6.0 max.	2.0 max.
5-Hydroxymethylfurfural and Related Compounds, % *	0.10 max.	0.10 max.	0.10 max.
Molecular Weight Limit	Meets test	Meets test	Meets test
Heavy Metals, mg/kg *	5.0 max.	5.0 max.	5.0 max.

**Anexo L. (Continuación)**

TDS Hunan Chemical BV

Arsenic ppm	0.30 max.	0.30 max.	0.30 max.
Lead, mg/kg *	0.50 max.	0.50 max.	0.50 max.
Nickel ppm	2.00 max.	2.00 max.	2.00 max.
Aerobic Plate Count, cfu/g	1000 max.	1000 max.	1000 max.
Moulds, cfu/g	10 max.	10 max.	10 max.
Yeasts, cfu/g	10 max.	10 max.	10 max.
E.Coli, cfu/10g	Negative	Negative	Negative
Salmonella, cfu/25g	Negative	Negative	Negative

\* Calculated on the anhydrous, ash-free basis

**Packaging:**

Packaged in multi-layer craft paper bag with food grade PE inner bag, net 25kg/bag.  
(Other packaging types are available on requests)

**Shelf life**

24 months if stored under recommended storage conditions.

**Storage conditions**

Should be stored in airtight container in a cool and dry place below 40°C and relative humidity less than 70%

**LABELING**

In Europe, as provided by Directive 2000/13/EC, labeling should be according to primary purpose in end product (i.e. as an additive or as fibre ingredient):

- As an additive: It should be declared by its category name (bulking agent, thickener/texturizer, stabilizer, humectant ) followed by polydextrose or E1200;
- As an ingredient: it should be declared as polydextrose.

**REGULATORY STATUS**

Polydextrose is an approved additive as defined in:

- EU: Regulation 1333/2008/EC
- US: FDA 21 CFR 172.841;

Polydextrose conforms to the EU definition of dietary fibre (Dir. 2008/100/EC);

Polydextrose meets specifications of:

- EU: Regulation 1333/2008/EC
- US: Food Chemicals Codex
- JECFA: Compendium of Food additives specifications FAO Food and Nutrition paper n°52
- USP 32/ NF27

**GMO STATUS**

This product is processed with non-GMO raw material, conforming to the requirements of legislation on GMOs.

**DISCLAIMER**

This product complies with the requirements of EU Directives and Regulations in force on foods and food ingredients. Prospective purchasers are advised to conduct their own tests, studies and regulatory review to determine the fitness of products for their particular purposes, product

## Anexo M. Ficha técnica solución desinfectante (CITROSAN)

### CITROSAN



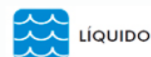
Componentes orgánicos, fotosensibles que pueden tener cambios en su color, pero no afecta ni altera sus propiedades. **NO EXCEDA LA DILUCIÓN MÁXIMA RECOMENDADA**, dado que el **CITROSAN** ingresa vía ingesta por el microorganismo al identificarlo como alimento. Cuando se incrementa la dosis de por encima de 3 ml/L, existe el riesgo de **NO** identificarlo como alimento, evitando así su ingesta y disminuyendo su efectividad.

#### SANITIZANTE / ÁCIDO ORGÁNICO / EXTRACTO CÍTRICO / CONTACTO DIRECTO CON ALIMENTOS

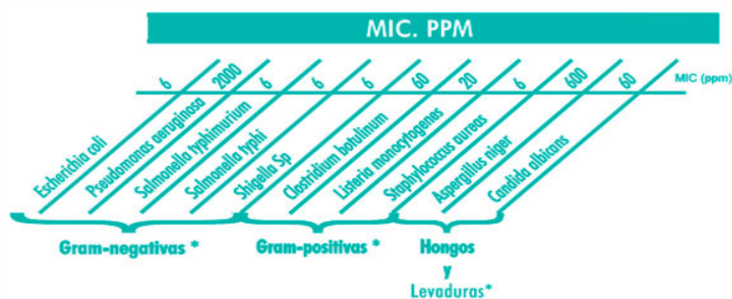
- Es un líquido bactericida y fungicida, 100% natural, hecho a base de extracto de semillas de frutas cítricas, con características sistémicas de amplio espectro, biocida y útil como conservador para alimentos. Su ingrediente activo es una mezcla de ácidos 100% orgánica.

#### ALIMENTOS, BEBIDAS, AGRÍCOLA Y PECUARIA

- Provoca una inhibición de funciones en la membrana celular del microorganismo impidiendo su reproducción, además de actuar sobre el dióxido de carbono de las células reduciéndolas, oxidándolas y provocando daño irreversible en su citoplasma. Por los múltiples puntos de acción no es posible que se desarrollen resistencias.



NO. DIKEN	PRESENTACIÓN	COTIZAR	
02L09D2-LTO	CITROSAN LITRO	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Cotizar"/>
02L09D2-GA3	CITROSAN GALON 3.78	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Cotizar"/>
02L09D2-PO20	CITROSAN PORRON 20	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Cotizar"/>
02L09D2-T210	CITROSAN TAMBO 210	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Cotizar"/>



#### DILUCIONES DEL CITROSAN POR ASPERSIÓN O DILUCIÓN

FUNCIÓN	DILUCIÓN	PPM
Desinfección de agua.	0.5 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	180
Sanitizante de Frutas y verduras por inmersión.	1.5-3.0 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	540-1080
Alargamiento de la vida de anaquel de verduras frutas y flores.	0.3-0.5 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	108-180
Alargamiento de carnes congeladas (aspersión antes del congelado).	0.5-1.5 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	180-540
Conservación de agua para procesos de enjuague o descongelado.	0.1-0.5 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	36-180
Descontaminación de canales.	1.5-3.0 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	540-1080
Sanitizante de áreas y equipos.	1.5-3.0 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	540-1080
Sanitización operativa de ambiente.	1.5-3.0 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	540-1080
Control de plagas en vegetales.	0.8-1.5 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	288-540
Control de algas y hongos.	1.0-2.0 ml. de Citrosan diluidos en 1 L. de agua.	360-720