

RESULTADOS  
DE INVESTIGACIÓN  
ISSN 2027-0291  
VOLUMEN 3 No. 2

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**Aprovechamiento  
de cilantro  
(*Coriandrum sativum*)  
y perejil  
(*Petrosilenum crispum*)  
aplicando procesos  
combinados de  
deshidratación**

MARIBEL GARCÍA

JOHANNA RUGEL

EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL

ÉDGAR MAURICIO VARGAS SOLANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ  
JORGE TADEO LOZANO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ  
**JORGE TADEO LOZANO**

---

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



# **Aprovechamiento de cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petrosilenum crispum*) aplicando procesos combinados de deshidratación**

MARIBEL GARCÍA\*

JOHANNA RUGEL\*\*

EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL\*\*\*

ÉDGAR MAURICIO VARGAS SOLANO\*\*\*\*

\* Ingeniera de Alimentos. Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano; Carrera 4 No. 22-61, 242 7030 ext 1440.

\*\* Ingeniera de Alimentos. Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano; Carrera 4 No. 22-61, 242 7030 ext 1440.

\*\*\* Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería. Docente Asociado. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Núcleo el Volador. Medellín, Antioquia.

\*\*\*\* Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería Química. Docente Asociado II. Programas de Ingeniería de Alimentos e Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Correo electrónico: edgar.vargas@utadeo.edu.co

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano  
Carrera 4 No. 22-61 Bogotá D.C. - Colombia  
www.utadeo.edu.co

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - ISSN 2027-0291  
VOL. 3 N<sup>o</sup>. 2

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

## APROVECHAMIENTO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) Y PEREJIL (*Petrosilenum crispum*) APLICANDO PROCESOS COMBINADOS DE DESHIDRATACIÓN

MARIBEL GARCÍA, JOHANNA RUGEL, EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL Y ÉDGAR MAURICIO VARGAS SOLANO

### COMITÉ INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN:

JOSÉ FERNANDO ISAZA DELGADO - RECTOR  
DIÓGENES CAMPOS ROMERO - VICERRECTOR ACADÉMICO  
MANUEL GARCÍA VALDERRAMA - DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN  
HENRY JARAMILLO MEJÍA - VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO  
GILMA JANETH LUNA CORTÉS - DECANA FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
DIÓGENES CAMPOS ROMERO - DECANO FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
SALOMÓN KALMANOVITZ - DECANO FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS-ADMINISTRATIVAS

DIRECTOR DE PUBLICACIONES (E): Jaime Melo Castiblanco  
REVISIÓN DE TEXTOS: Henry Colmenares Melgarejo  
CONCEPTO GRÁFICO Y DISEÑO DE PORTADA: Felipe Duque Rueda  
DIAGRAMACIÓN: Mary Lidia Molina Bernal

Impresión digital: Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.

Reservados todos los derechos  
2010 © Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Impreso en Colombia

# Contenido

- Resumen ..... 7
- Abstract ..... 7
- Agradecimientos..... 8
- 1. Introducción..... 9
- 2. Metodología..... 11
  - 2.1 Material Vegetal..... 11
  - 2.2 Técnicas de deshidratación..... 12
    - 2.2.1 Deshidratación osmótica..... 12
    - 2.2.2 Secado con aire caliente..... 13
  - 2.3 Métodos..... 13
    - 2.3.1 Curvas de secado..... 13
    - 2.3.2 Vitamina C y carotenos..... 14
    - 2.3.3 Humedad y actividad acuosa..... 14
    - 2.3.4 Color..... 14
    - 2.3.5 Rehidratación..... 15
    - 2.3.6 Análisis sensorial..... 15
  - 2.4 Diseño experimental y análisis estadístico..... 16
- 3. Resultados y discusión..... 16

3.1 Caracterización hojas de cilantro y perejil fresco.....	16
3.2 Curvas de secado y velocidad de secado.....	17
3.3 Actividad acuosa.....	20
3.4 Color.....	21
3.5 Rehidratación.....	23
3.6 Análisis sensorial.....	25
4. Conclusiones.....	27
5. Bibliografía.....	29

## Resumen

En este trabajo se evalúa el efecto de la deshidratación osmótica como pretratamiento del secado por aire caliente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de cilantro y perejil. Para el primero se utilizaron temperaturas de 50 y 70°C y para el segundo de 50 y 60°C. La solución osmodeshidratante se compuso de una mezcla de cloruro de sodio y sacarosa, y el proceso se realizó a temperatura ambiente (18°C). Los métodos utilizados para evaluar la influencia del proceso en ambas hortalizas son: vitamina C, color, actividad acuosa y rehidratación; para el caso particular del cilantro se realizó una evaluación sensorial (color, sabor y olor) y para el perejil se evaluó el contenido de carotenos.

Los procesos que utilizaron la osmodeshidratación como pretratamiento tanto para el cilantro como para el perejil disminuyeron significativamente la concentración de vitamina C y el porcentaje de rehidratación del producto deshidratado; además los productos fueron más opacos debido posiblemente a procesos de caramelización de azúcares y pardeamiento. Para el caso particular del perejil se observó que el pretratamiento no favoreció la retención de carotenos y además aumento el tiempo de secado, mientras que en el cilantro la osmodeshidratación disminuyó los tiempos de secado debido a las condiciones y el equipo utilizados para este proceso.

**Palabras claves:** perejil, cilantro, deshidratación osmótica, secado, vitamina C.

## Abstract

The objective of this work is to evaluate the effect of osmotic dehydration as pretreatment of hot air drying on physic-chemical and sensorial proprieties of coriander and parsley. For coriander, the drying experiments were conducted at 50 and 70°C and for parsley at 50 and 60°C. The osmotic solution was composed by a mixture of sodium chloride and sucrose, and the process was performed at room temperature (18°C). The methods used to establish the effect of the process of both vegetables are: vitamin C, color, water activity and rehydration. For coriander the sensory evaluation was carried out (color, taste and smell) and for parsley the carotene content was evaluated.

The process that used osmotic dehydration as pretreatment (coriander and parsley) decreased the vitamin C content, and rehydration percentage of the dried product. In addition, the products with this pretreatment were more opaque by sugars caramelization and browning. For parsley the carotene content decreased and the drying time increased with this pretreatment, whereas coriander with osmotic dehydration reduced the drying time due to the conditions and equipment used in this process.

**Key words:** parsley, coriander, osmotic dehydration, hot air drying, vitamin C.

## **Agradecimientos**

A la Dirección de Investigación de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano por patrocinar este proyecto y al grupo APRA del programa de Ingeniería de Alimentos por su apoyo científico en la realización de este trabajo.

# 1. Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum*) y el perejil (*Petroselinum sativum*) son hortalizas pertenecientes a la familia de las apiáceas (Díaz, 2005). Todas sus partes son comestibles, generalmente las hojas frescas y las semillas secas tienen un uso culinario como condimento (Janick, 1997). La velocidad de deterioro en poscosecha de estas hortalizas, implica buscar métodos para aumentar su vida útil y conservar sus propiedades sensoriales (Estrada, 2003). Para conservar el producto en óptimas condiciones durante dos semanas se requiere de temperaturas de almacenamiento de 1 a 4°C con una humedad relativa de entre 85 y 90% (Martínez *et al.*, 2003).

La deshidratación es un proceso empleado para la preservación de alimentos, la cual consiste en la eliminación del agua libre de un sólido, permitiendo la reducción de las reacciones químicas e inhibiendo el crecimiento microbiano, y por ende prolongando la vida útil de los alimentos. En la mayoría de casos, la deshidratación de alimentos se realiza por aire caliente. El aire conduce el calor al alimento y éste tiende a liberar vapor de agua. Aunque la deshidratación con aire caliente es costosa con respecto a la deshidratación solar, tiene un alto número de ventajas como las siguientes: el proceso puede ser realizado sin depender del clima, el tiempo de secado es relativamente más corto y la calidad del producto mejora (Janick, 1986; Maldonado y Pacheco-Delahaye, 2003).

Entre los productos deshidratados más utilizados en la industria colombiana se encuentran: el apio, el cilantro, la zanahoria, la cebolla, el ajo y el perejil (DANE-SISAC, 2002). Los principales consumidores de hortalizas deshidratadas son las industrias de sopas instantáneas, salsas, aliños, cremas y sopas de paquete. La importación de hortalizas deshidratadas entre 1994 y 2000 estuvo en un rango de 100 a 350 ton/año, siendo las empresas más grandes las principales importadoras debido a la mala calidad, altos precios y falta de abastecimiento en ciertas épocas del año en Colombia (Rivera-Vergara y Sánchez-Berjan, 2001). Una forma conveniente para tomar un segmento del mercado sería incursionando en la sustitución de las importaciones mediante productos de mejor calidad, con precios competitivos y cumpliendo el suministro constante durante todo el año.

La deshidratación osmótica es un proceso de eliminación de agua basado en el gradiente de concentración y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de la célula. En la industria de alimentos se utiliza

porque ayuda a reducir la actividad acuosa del producto. Sin embargo, el alimento debe ser sometido a algún proceso adicional como secado, liofilización o congelación, para que pueda ser comercialmente estable. Además requiere dos o tres veces menos energía que el secado convectivo (Sharma, Mulvaney, y Rizvi, 2003). Aunque la deshidratación osmótica no reduce suficientemente la actividad de agua para impedir la proliferación de microorganismos, aumenta en cierta forma la vida útil del alimento, sin preservarlo; por ello es importante aplicar otros métodos de conservación como congelación, deshidratación o pasteurización (Casp y Abril, 1999).

Las investigaciones en perejil deshidratado han apuntado a verificar el efecto de diferentes variables de operación en las propiedades del producto final y su relación con la eficiencia del proceso. Berset y Caniaux (1983) relacionaron la prueba de colorimetría con la calidad del perejil (*Petroselinum sativum*) deshidratado e indicaron que las muestras que tuvieron una relación alta de clorofila *a*/clorofila *b*, conservan más su color original. La clorofila *a*, principal pigmento verde, es menos estable que la *b*, lo que produce una mayor velocidad de degradación. Díaz-Maroto, Pérez-Coello y Cabezudo (2002), examinaron el efecto del secado a temperatura ambiente, por convección a 45°C y liofilización en los componentes volátiles de perejil, y reportaron que las menores alteraciones en los compuestos volátiles se obtuvieron con el secado a temperatura ambiente. Los compuestos que ejercen la mayor contribución en las características del aroma del perejil son el p-metha-1,3,8-trieno y el apiol.

La aplicación de modelos matemáticos para el secado de hojas de perejil en un secador convectivo a diferentes condiciones de proceso fue desarrollado por Akpınar, Bicer y Cetinkaya (2006), quienes sugirieron que no se presentó un período de velocidad constante en la curva de secado, llevándose a cabo el secado en el período de velocidad decreciente. El perejil con un contenido de humedad de 5,25 g agua/g materia seca (m.s.) se llevó a una humedad de 0,1 g agua/g m.s. con una velocidad de aire de 1 m/s. El modelo de Page fue el más apropiado para describir la curva de secado de la muestra. Doymaz, Tugrul y Pala (2006) determinaron el efecto de la temperatura del aire en los tiempos de secado y el color del perejil y el hinojo, y encontraron que los tiempos de secado disminuyen con el aumento en la temperatura, además, el proceso de secado se realiza en el período de velocidad decreciente. Las muestras deshidratadas a 60°C tuvieron un color con altos valores de luminosidad (*L*) y bajos valores de la razón *a/b*, lo que se busca en este tipo de productos.

Fatouh *et al.* (2006) investigaron el efecto de la superficie de carga, la velocidad y temperatura del aire, y el tamaño de producto en las características del perejil, malva y menta deshidratados. Los autores afirmaron que los tiempos de secado se incrementan cuando se aumenta la superficie de carga, o se disminuye la temperatura y la velocidad del aire, las muestras sin pedúnculo tienen menores tiempos de secado y consumo de energía específica. La máxima productividad de secado se obtuvo con una superficie de carga de 28 kg/m<sup>2</sup>, una velocidad de secado de 2.7 m/s y una temperatura de 55°C. Soysal, Öztekin y Eren (2006) evaluaron el efecto del material de carga en la eficiencia del secado con microondas (900 W, 2450 MHz) de perejil, y estimaron que el secado se realiza principalmente en el período de velocidad decreciente.

La cinética de secado de tallos y hojas de cilantro, con y sin escaldado, se estudió a diferentes temperaturas (50, 60, 70 y 80°C) en secador de lecho fluidizado con velocidad de aire constante a 1,5 m/s, y se concluyó que este pretratamiento favorece la disminución del tiempo de secado de las hojas y los tallos de cilantro (Silva, Almeida, Lima, Silva y Gomes, 2008). Otras investigaciones se han enfocado a estudiar la capacidad antioxidante y los compuestos químicos más importantes que tiene esta hortaliza (Wong y Kitts, 2006; Melo *et al.*, 2005; Barbosa-Guerra *et al.*, 2005). A pesar de las investigaciones mostradas anteriormente, no se ha reportado la utilización de osmodeshidratación como pretratamiento en la obtención de productos deshidratados de perejil y cilantro. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la deshidratación osmótica como pretratamiento para el proceso de secado con aire caliente, sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cilantro y el perejil.

## **2. Metodología**

### **2.1 Material Vegetal**

El cilantro y el perejil se adquirieron en la Sabana de Bogotá, la temperatura promedio de la zona se encuentra entre 10 y 14°C con una humedad relativa del 82%.

Se realizó un proceso de limpieza y desinfección (hipoclorito de sodio de 150 ppm por 5 minutos); se separaron las hojas de cilantro y perejil del tallo de acuerdo a su estado de senescencia; luego fueron sometidas a los procesos de deshidra-

tación con y sin pretratamiento. Se dejó una parte para la caracterización de las propiedades fisicoquímicas iniciales.

## 2.2 Técnicas de deshidratación

### 2.2.1 Deshidratación osmótica

Para el proceso de deshidratación osmótica se usó un litro de solución acuosa compuesta de sacarosa al 20% y cloruro de sodio al 5% en peso, la cual se adicionó a 100 g de hojas de cilantro o perejil. En el caso del cilantro las hojas se dejaron en solución por un período de una hora y media a temperatura ambiente de 18°C con recirculación de 2gal/min. Para el perejil se dejaron las hojas en solución durante 4 horas en un frasco de vidrio a temperatura ambiente de 18°C y sin recirculación. El sistema usado para deshidratar osmóticamente el cilantro (con recirculación) (FIQ Ltda., Bogotá, Colombia) y perejil (sin recirculación) se muestra en las imágenes 1 y 2 respectivamente.

**Imagen 1**

Equipo con recirculación externa



**Imagen 2**

Equipo sin recirculación



## 2.2.2 Secado con aire caliente

Se utilizaron 100 g de hojas de cilantro y perejil las cuales se secaron a dos temperaturas de 50 y 70°C y 50 y 60°C respectivamente, hasta llegar a una humedad del 8% para el cilantro y 10% para el perejil; utilizando un secador de bandejas automático (FIQ Ltda., Bogotá, Colombia) manteniendo constantes la velocidad del aire (3 m/s), humedad relativa (67%) y el área de secado (0,075 m<sup>2</sup>). Además se graficaron las curvas de secado con los pesos obtenidos durante todos los procesos evaluados.

## 2.3 Métodos

### 2.3.1 Curvas de secado

Las curvas de secado se realizaron registrando la pérdida de peso de la muestra durante el tiempo de proceso mediante un sistema de adquisición de datos acoplado al secador. Los pesos obtenidos se convierten en términos de humedad libre empleando las ecuaciones (1) y (2) (Geankoplis, 1993).

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \quad (1)$$

Donde  $W$  es el peso del sólido húmedo (kg totales de agua mas sólido seco),  $W_s$  es el peso del sólido seco (kg sólido seco), y  $X_t$  es la relación entre el peso del agua y el peso del sólido seco a un determinado tiempo (kg de agua/kg de sólido seco). Posteriormente, se calcula la humedad libre por medio del contenido de humedad en equilibrio para cada valor de  $X_t$  (ecuación 2).

$$X = X_t - X^* \quad (2)$$

Donde  $X^*$  es la humedad en equilibrio (kg de agua en equilibrio/ kg de sólido seco),  $X$  es el contenido de humedad libre (kg de agua libre/kg de sólido seco) para cada valor de  $X_t$ . Posteriormente, para obtener la curva de velocidad de secado se miden las pendientes de las tangentes a la curva, lo cual proporciona valores  $dX/dt$  para ciertos valores de  $t$ . Con estos datos podemos realizar

futuros escalamientos a nivel industrial del proceso de secado (McCabe, Smith y Harriott, 1998).

### **2.3.2 Vitamina C y carotenos**

Para la determinación de vitamina C se maceró 1g de cilantro con 8ml de ácido oxálico ( $C_2H_2O_4$ ) al 0,15% y se filtró. Se preparó una solución de 0,1ml 2-nitroanilina, 0,2ml de nitrito de sodio al 0,08%, 1ml de etanol al 95% y se le adicionó 0,6ml de las muestras de cilantro; se dejó reposar por 5 min y se agregó 0,6ml de NaOH 10% y 2,5 ml de agua destilada. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro (Modelo 6505, Jenway, Bibby Scientific, Inglaterra) a una longitud de onda de 540 nm y se determinó la concentración de la vitamina mediante la curva de calibración (Casas, Herrera, Sotelo, González, & Pardo, 2003).

La determinación de carotenos sólo se realizó para las hojas de perejil, efectuando la extracción mediante la acción de solvente (mezcla de éter de petróleo-acetona 1:1 v/v); el extracto se pasó por una columna empacada que contenía fosfato tricálcico, que permitía el paso de los carotenoides y adsorbía otras sustancias, esto con el fin de purificar el caroteno. La concentración del caroteno en el extracto se determinó leyendo en el espectrofotómetro (Modelo 6505, Jenway, Bibby Scientific, Inglaterra) a una longitud de onda de 450 nm y se determinó la concentración de la provitamina mediante la curva de calibración (Bernal; 1998, Adrian *et al.*, 2000).

### **2.3.3 Humedad y actividad acuosa**

Para determinar la humedad se pesaron entre 2,6 y 3,5 gramos de la muestra y se pusieron en una balanza de humedad (METTLER TOLEDO HB 43-S halógeno).

Para la determinación de la actividad acuosa se utilizó un activímetro (NOVASINA). Se calibró con sales de actividad acuosa conocida y luego se determinó la actividad de las muestras de perejil y cilantro.

### **2.3.4 Color**

Se determinó con ayuda de un colorímetro (Konica Minolta), para hallar la diferencia de color se utilizó el sistema CIELAB, el cual tiene en cuenta los

factores  $L^*$ ,  $h^*$  y  $C^*$  (Ahmed, Shivhare y Singh, 2004). Donde  $L^*$  es la luminosidad de un producto variado de 0 a 100, siendo 0 la tendencia al negro y 100 la tendencia al blanco;  $h^*$  es la saturación o intensidad, esta se define como la cantidad de gris que presenta un objeto, su escala es de 0 a 100 donde 0 es lo más cercano a gris y 100 es el color neutro o saturado; y  $C^*$  es el matiz, factor característico de cada color, éste varía de 0 a  $360^\circ$  (Calvo, 2008; Sahin y Gulum-Sumnu, 2006).

### 2.3.5 Rehidratación

El comportamiento de los alimentos deshidratados en su rehidratación es un indicativo de su capacidad para absorber agua y adquirir un estado próximo al producto original (Ramaswamy y Marcotte, 2006). La rehidratación del perejil se realizó con 5 g de muestra en un tamiz plástico, el cual se sumergió en recipientes con 1 litro de agua destilada durante diferentes períodos de tiempo (5, 10, 15, 20, 25 y 30 min.) y se registró el peso después de cada rehidratación. El desempeño de la rehidratación se evaluó mediante el coeficiente de rehidratación (RC) como se muestra en la ecuación (3) (Meda y Ratti, 2005).

$$RC = \frac{W_r - W_{fd}}{W_0 - W_{fd}} * 100 \quad (3)$$

Donde  $W_r$  es el peso de la muestra después de la rehidratación (g),  $W_{fd}$  el peso de la muestra seca (g) y  $W_0$  es el peso inicial de la muestra sin ningún proceso (g).

### 2.3.6 Análisis sensorial

Se realizaron pruebas sensoriales a 30 consumidores donde se compararon las características de las muestras más representativas con las de un producto comercial para determinar la aceptación y calidad de éste en el mercado (Salamanca, 2001). Los aspectos evaluados fueron: color, olor y sabor, ya que éstos son atributos sensoriales por los que el consumidor se siente atraído hacia el producto natural y de interés comercial.

## 2.4 Diseño experimental y análisis estadístico

Este trabajo utilizó un diseño experimental factorial aleatorizado. La experimentación para el caso del perejil se llevó a cabo en los meses de noviembre y diciembre de 2008, y para el cilantro se realizó entre marzo y abril de 2009. Todos los resultados son el promedio de tres réplicas. Los datos fueron analizados mediante Statgraphics Plus 5.1 utilizando ANOVA y un porcentaje de error del 5% en el nivel de significancia.

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1 Caracterización hojas de cilantro y perejil fresco

La humedad promedio de las hojas de perejil y cilantro es de 84% según reporte de la literatura (Akpınar *et al.*, 2006), siendo superior para ambas hortalizas en este trabajo (88 %), debido posiblemente al lugar donde se cultivaba el perejil y el cilantro y a la época del año en la que se cosechó, ya que fue una temporada altamente lluviosa. Las hortalizas objeto de este estudio no se consideran como fuente de vitamina C; sin embargo, ésta se escogió como indicador de tratamiento térmico. En el caso del perejil el contenido de carotenos también se usó como indicador del tratamiento térmico. La caracterización de las materias primas se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de las hojas de cilantro y perejil

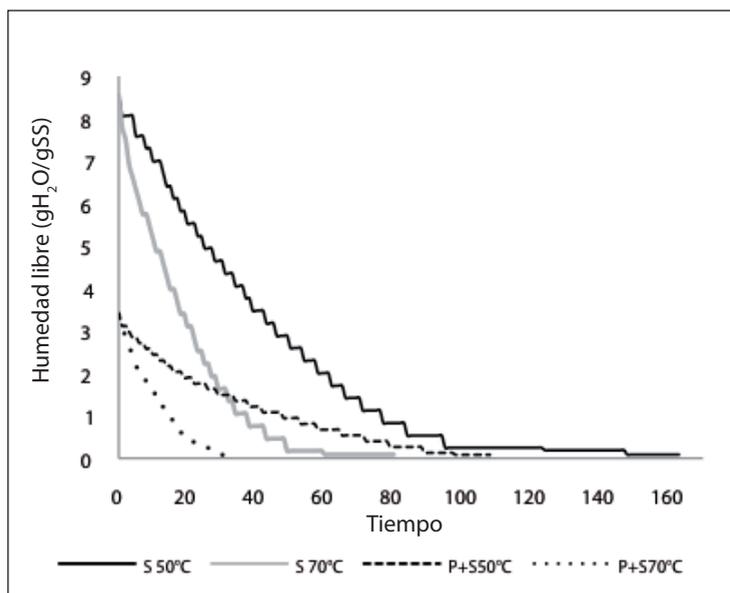
		Cilantro	Perejil
Humedad	%	88,245±1,293	88,00±0,81
Actividad acuosa		0,9505±0,071	0,88±0,011
Vitamina C	(mg/100gss)*	16,851±1,178	36,15±1,21
Carotenos	(mg/100gss)*	-	42,32±4,06
Color	L*	53,64±1,114	73,43±0,141
	H*	32,06±3,754	8,3±0,245
	C*	223,75±1,119	328,52±0,888

\*gss: gramos de sólido seco.

### 3.2 Curvas de secado y velocidad de secado

Gráfica 1. Curvas de secado para los distintos tratamientos (a) Cilantro (b) Perejil.

1(a)

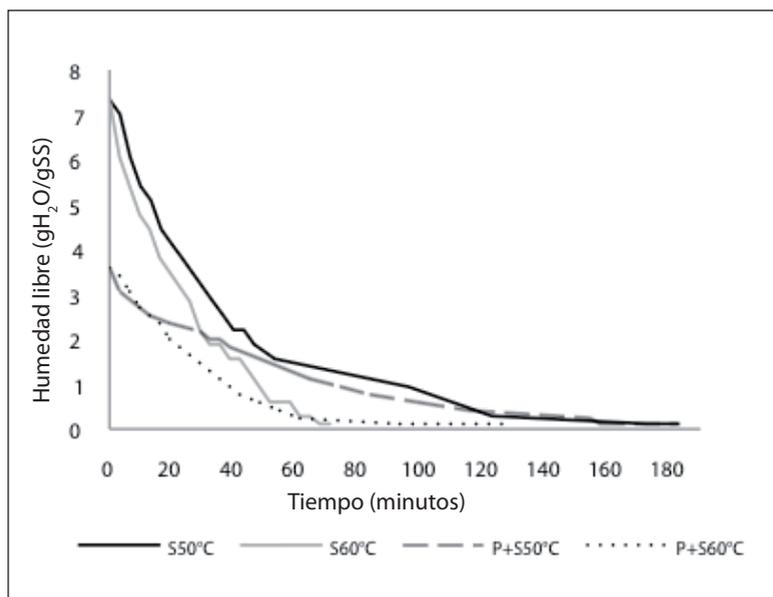


En las gráficas mostradas, S significa secado por aire caliente a una determinada temperatura y S+P es un pretratamiento de osmodeshidratación seguido por un secado por aire caliente a determinada temperatura.

En la gráfica 1(a), se observan las curvas de secado para todas las muestras de cilantro analizadas, en cada una de ellas se ve un comportamiento típico de deshidratación, encontrando dos etapas, la primera caracterizada por la difusión rápida de la humedad, debido a la disponibilidad de las moléculas de agua para la evaporación y una segunda etapa donde la difusión es lenta debido a la poca disponibilidad de agua (difusión interna). También se observó que a 70°C las velocidades de secado son mayores si se comparan con las hojas deshidratadas a 50°C, debido a que la transferencia de calor es directamente proporcional con la temperatura, aumentando la evaporación de las moléculas de agua presentes en el alimento. Los procesos de osmodeshidratación ayudaron a reducir el tiempo de secado, ya que está produce una migración del agua hacia el exterior del

sólido, produciendo un aumento en la disponibilidad de la misma en la superficie que se encuentra en contacto con el aire caliente (Castill y Cortejo, 2007; Doymaz, 2006).

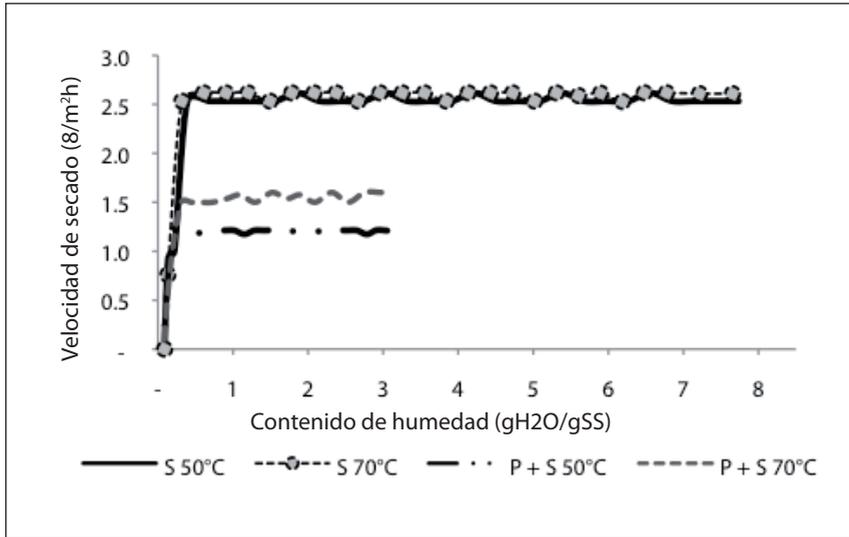
1(b)



En cuanto a la gráfica 1(b), podemos señalar que las hojas de perejil al igual que las de cilantro presentaron un comportamiento típico de deshidratación y que la temperatura influyó en la velocidad de secado, siendo ésta mayor a 60°C. Al comparar con los resultados reportados por Doymaz, Tugrul y Pala (2006), se puede confirmar que la pérdida de humedad en las hojas de perejil depende tanto de la velocidad como de la temperatura del aire. Así, a medida que la temperatura del aire aumenta, la remoción de la humedad es mayor, con un consecuente decrecimiento en el tiempo de secado. Sin embargo, es importante señalar que con las hojas de perejil las muestras sometidas a pretratamiento tardaron más tiempo en alcanzar la humedad en equilibrio debido a que con la solución se formó una capa (sacarosa y cloruro de sodio) no muy permeable a la humedad que rodeaba la superficie del producto, produciendo una barrera e impidiendo la fácil difusión de la humedad hacia el exterior. Esto pudo ser debido a que no se contaba con una recirculación de fluido osmodeshidratante para el perejil y sí para el cilantro (Hui, 2006; Rahnan, 2002).

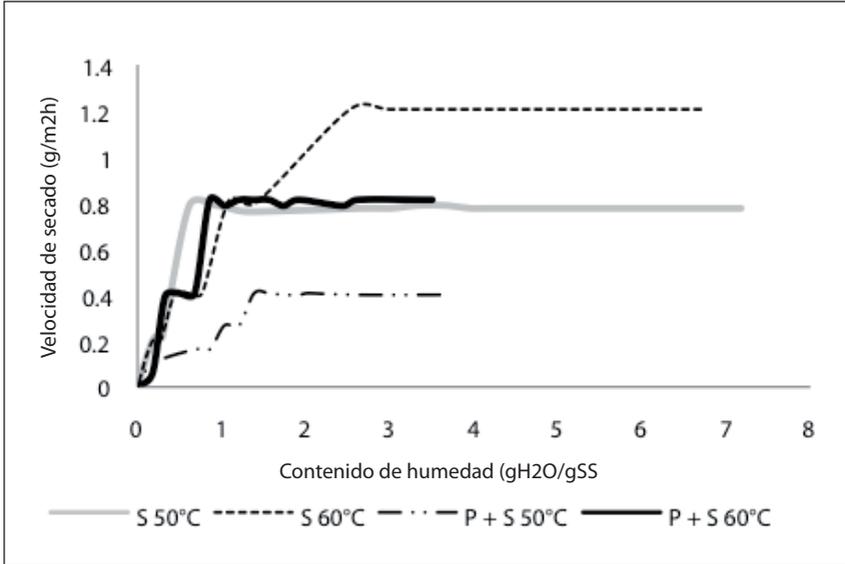
Gráfica 2. Curvas de velocidad de secado para los diferentes tratamientos  
(a) Cilantro (b) Perejil.

2(a)



En las gráficas 2(a) y 2(b) se observan las curvas de velocidad de secado para el cilantro y el perejil respectivamente, siendo evidente el comportamiento de dos períodos, uno de velocidad constante donde la difusión del agua en el alimento es mayor, y otro de velocidad decreciente donde la difusión del agua es menor. La velocidad de secado para las hojas de perejil y cilantro sin pretratamiento es mayor si se compara con las hojas pretratadas con deshidratación osmótica. En el caso del perejil, el período de velocidad constante en las hojas con pretratamiento es menor debido a que existe una película fina de la solución osmodeshidratante sobre las hojas, lo que hace que la difusión sea mas lenta; mientras que en las hojas de cilantro la deshidratación osmótica puede disminuir la cantidad de enlaces fuertes del agua ligada presente en el sólido disminuyendo así la velocidad de secado (Castill y Cortejo, 2007).

2(b)



### 3.3 Actividad acuosa

La actividad acuosa puede ayudar al desarrollo o disminución de microorganismos, oxidación de lípidos, el pardeamiento no enzimático y reacciones enzimáticas normales en un alimento; entre menor sea  $a_w$ , menor será el deterioro del alimento (Lezgon, 2008).

Tabla 2. Actividad de agua para cilantro y perejil deshidratado.

	Temperatura de secado °C	$a_w$	
		Cilantro	Perejil
Sin pretatamiento	50	0,36±0,044	0,418+0,072
	60	-	0,270+0,043
	70	0,36±0,087	-
Deshidratación osmótica	50	0,35±0,047	0,354+0,013
	60	-	0,339+0,009
	70	0,31±0,042	-

En la tabla 2 se observan los datos de actividad acuosa de las hojas de cilantro y perejil deshidratadas con y sin pretratamiento. El pretratamiento de osmodeshidratación no tiene influencia en la respuesta de actividad de agua, ya que no se presentan diferencias significativas entre estos valores para los distintos tratamientos. Esto se debe a que esta medición depende de la humedad final del producto (Frazier, 1993), ya que siempre se llegó al 8% de humedad para el cilantro y 10% para el perejil. En todos los procesos de secado para el cilantro y el perejil, el valor de la actividad acuosa estuvo entre 0,27 y 0,42, rango en el cual el agua se encuentra ligada moderadamente. (Barbosa y Vega, 2000).

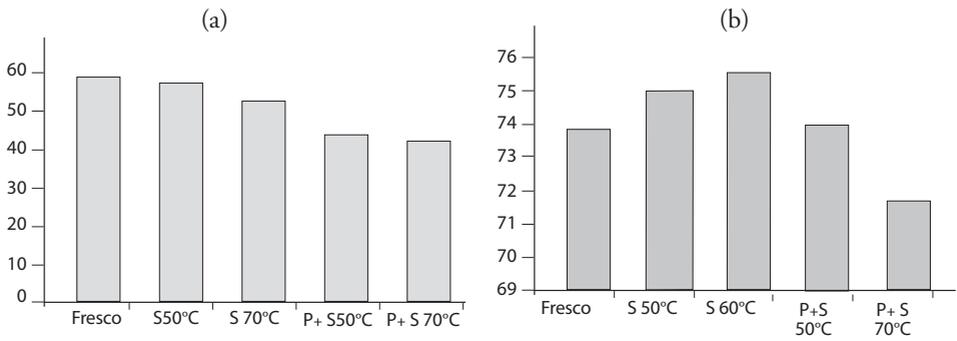
### **3.4 Color**

El color es un fenómeno de percepción que depende del observador y las condiciones en la cuales se observa un material. El color de un alimento se vuelve visible cuando la luz de una fuente luminosa choca con su superficie. La medición del color en este trabajo se realizó físicamente por la interacción de la luz (Sahin y Gulum-Sumnu, 2006). En la gráfica 3, se observa que la deshidratación osmótica como pretratamiento es determinante para obtener hojas de cilantro y perejil mas oscuras al compararse con las hojas secadas sin el pretratamiento y el fresco; esto puede ser debido a que la solución de sacarosa y cloruro de sodio se carameliza al pasar por el proceso de secado (Miranda, 2003). Asimismo, el pardeamiento enzimático, que se origina por la polifenol oxidasa, provoca un oscurecimiento rápido principalmente en la parte externa de las hojas (Fellows, 2007). Otra de las razones por la cual se presenta un cambio en la coloración es la fotooxidación de los pigmentos por la acción de la luz, que en combinación con el oxígeno produce una grave decoloración, principalmente por la alteración de la clorofila (Hui, 2006; Rahnnan, 2002). El pigmento principal que se altera en el secado con aire caliente es la clorofila, formándose la feofitina que es de un color pardo oliva (Rahman y Perera, 1999; Lee y Schwartz, 2006).

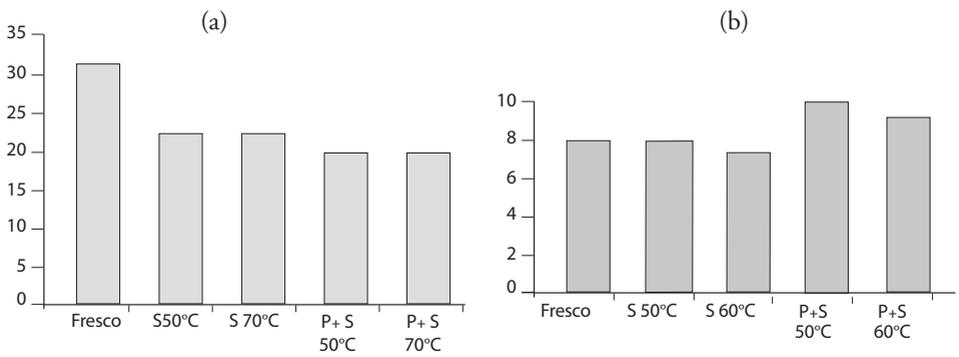
En el caso particular del cilantro, la luminosidad disminuye en todos los procesos utilizados (gráfica 3a); mientras que en las hojas de perejil sometidas al proceso de secado sin pretratamiento, se observa un aumento en la luminosidad si se compara con las hojas frescas y sometidas al proceso de secado con pretratamiento (gráfica 3b).

En la gráfica 4, se observan los valores de saturación o intensidad obtenidos de las hojas de cilantro y perejil deshidratadas y frescas. Para el cilantro, estos

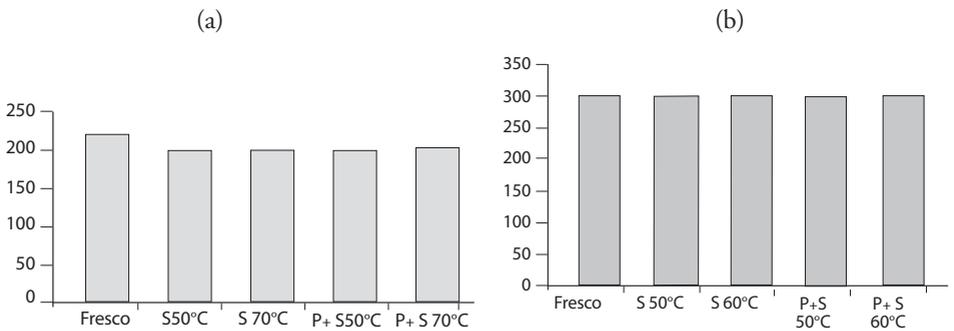
**Gráfica 3. Análisis de luminosidad (a) Cilantro, (b) Perejil.**



**Gráfica 4. Análisis de saturación (a) Cilantro, (b) Perejil.**



**Gráfica 5. Análisis de matiz (a) Cilantro, (b) Perejil.**



valores se encuentran entre 19 y 25, lo que es muy cercano al gris. Esto significa que en todos los procesos de secado se obtuvo un pardeamiento significativo al compararse con el cilantro fresco (gráfica 4a).

En el caso particular del perejil, los valores de la saturación se encuentran aproximadamente entre 8 y 10 para las hojas frescas y secadas con y sin pretratamiento, lo que quiere decir que los tratamientos utilizados no incidieron en el cambio de este patrón de color (gráfica 4b).

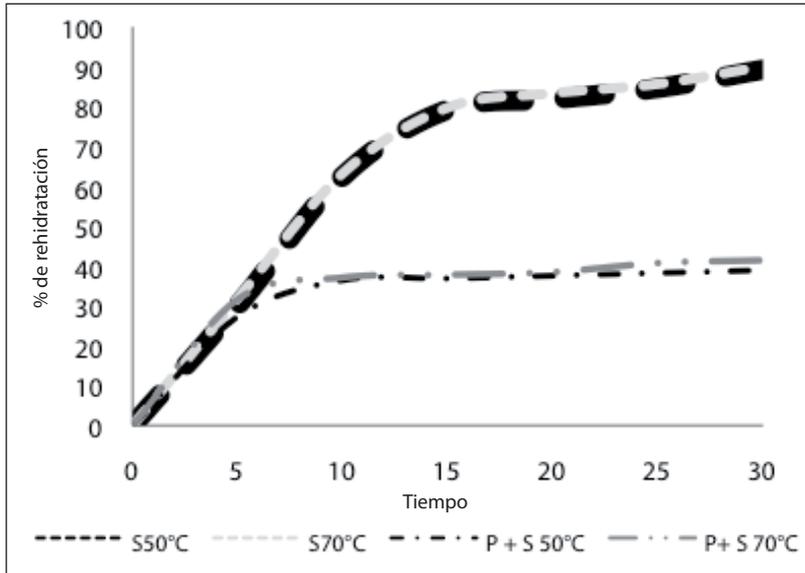
En cuanto al matiz (gráfica 5), podemos señalar que tanto para el perejil como para el cilantro no existen diferencias significativas en los procesos si se comparan con los productos frescos, es decir, el tono predominante es el verde; sin embargo los matices son diferentes siendo para el cilantro entre 200 y 250 (gráfica 5a) y para el perejil entre 326 y 334 (gráfica 5b).

### **3.5 Rehidratación**

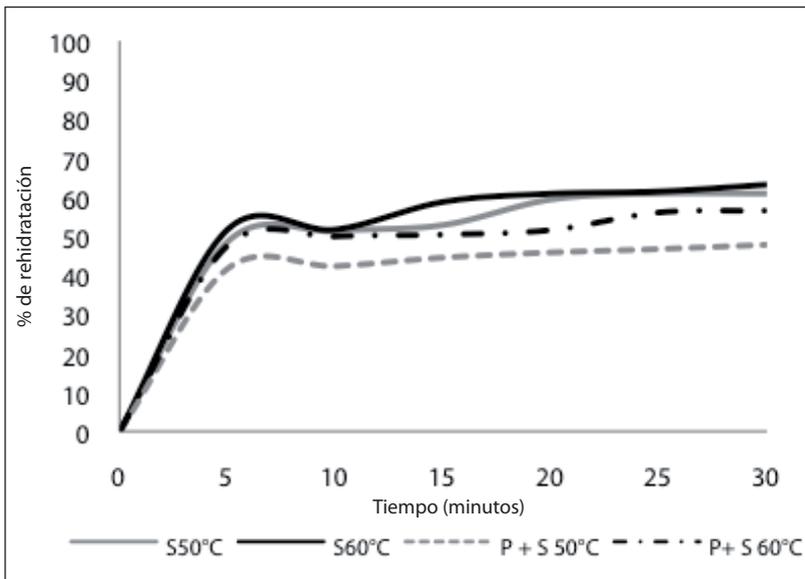
El comportamiento en la rehidratación es considerado como una medida del daño ocasionado en el material durante el secado así como la pérdida de la integridad y la reducción de las propiedades hidrofílicas. En la gráfica 6, podemos observar el porcentaje de rehidratación de las hojas de perejil y cilantro deshidratadas aplicando los pretratamientos. Es importante señalar que tanto para el cilantro como para el perejil el porcentaje de rehidratación nunca alcanzó el 100%, ya que el agua eliminada no puede incorporarse de la misma manera en la rehidratación, es decir, la rehidratación no es el proceso inverso de la deshidratación, puesto que ésta provoca la pérdida de la presión osmótica celular, cambios en la permeabilidad de la membrana celular, migración de solutos, cristalización de polisacáridos y coagulación de proteínas celulares que contribuyen a que se modifique su textura y estructura. (Fellows, 2007). Se puede observar que a las temperaturas de secado mayores (70°C cilantro y 60°C perejil), las muestras con y sin pretratamiento presentaron un mayor porcentaje de rehidratación en comparación con las temperaturas de secado menores (60°C cilantro y 50°C perejil) debido probablemente a que a una mayor temperatura, la velocidad de secado es mayor, el tiempo de secado es menor, y las hojas deshidratadas pueden presentar una mayor porosidad (Jamaradloedluk, Nathakaranakule, Soponronnarit y Prachayawarakorn, 2007). Sin embargo, las características organolépticas del producto se pueden ver deterioradas (Marin, Lemus y Vega, 2006).

Gráfica 6. Curvas de rehidratación para los diferentes tratamientos  
 (a) Cilantro, (b) Perejil.

6(a)



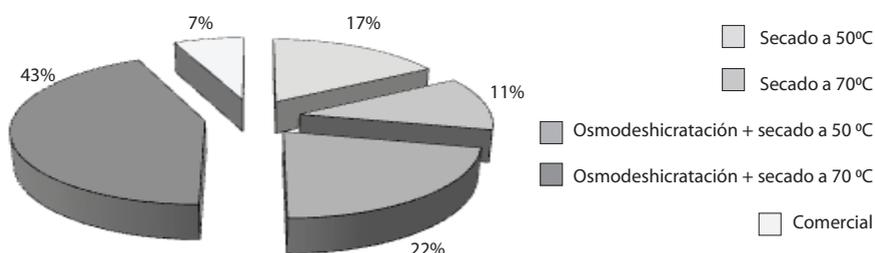
6(b)



También podemos observar que las muestras sin pretratamiento presentan un coeficiente de rehidratación mayor, probablemente porque las muestras osmodeshidratadas y sometidas al secado presentan una menor porosidad debido a que la solución utilizada en el pretratamiento recubrió la superficie del producto dificultando el proceso de hidratación (Prothon y otros, 2001); además, porque la solución se difunde entre los espacios intercelulares disminuyendo la difusión.

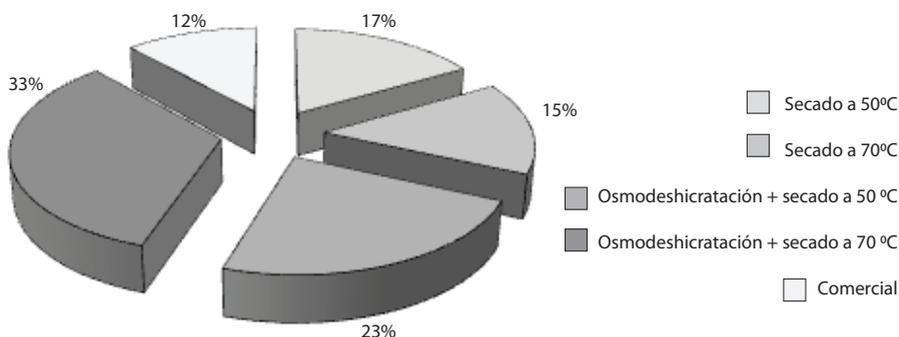
### 3.6 Análisis sensorial

Gráfica 7. Pruebas organolépticas de olor.



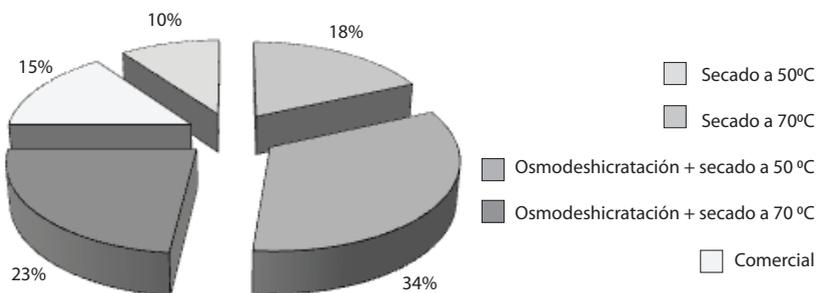
En la gráfica 7, se observan los porcentajes de preferencia en cuanto al olor por tratamiento; los consumidores prefirieron el cilantro que fue sometido a deshidratación osmótica y tratado a 70°C. Esto podría deberse a que hay una conservación de los compuestos volátiles por la disminución en el tiempo de exposición al tratamiento térmico.

Gráfica 8. Pruebas organolépticas de color.



En la gráfica 8, se observan los porcentajes de preferencia de color organoléptico por tratamiento, donde el 33% de las personas asimilaron el color del cilantro osmodeshidratado y seco a 70°C al color del cilantro fresco, aunque en el estudio de color realizado por colorimetría se obtienen menores valores de luminosidad y saturación que en el cilantro fresco; 53,64 y 32,06 respectivamente.

Gráfica 9. Pruebas organolépticas de sabor.



En la gráfica 9, se observan los porcentajes de preferencia en sabor por tratamiento, donde el 34 % de las personas escogieron las muestras de cilantro que fueron sometidas a un secado a 70°C sin pretratamiento. Esto debido probablemente a que el consumidor no asocia el sabor del cilantro a una combinación de sacarosa y cloruro de sodio, siendo sabores residuales en el producto osmodeshidratado. Además el menor tiempo de secado también conserva mejor los aromas y sabores.

En la evaluación global de estos resultados se observa que los productos obtenidos mediante los tratamientos aplicados en este estudio tienen una mayor aceptación que el producto comercial actualmente en el mercado, lo que representaría una ventaja en la aplicación de la tecnología propuesta.

## 4. Conclusiones

La deshidratación osmótica con recirculación en las hojas de cilantro disminuye la velocidad de secado, ya que ésta disminuye la cantidad de agua ligada en las hojas de cilantro. Sin embargo, con el perejil no se obtuvo el mismo resultado debido a que en el proceso de deshidratación osmótica hay una formación de una película de la solución hipertónica u osmodeshidratante en la superficie de las hojas por la falta de recirculación de la solución, las condiciones y el sistema utilizado en el proceso.

Los pretratamientos y las temperaturas utilizadas en el secado de cilantro y perejil no tuvieron incidencia significativa en la actividad acuosa. El contenido de vitamina C para el cilantro y perejil disminuye en todos los procesos de secado; sin embargo, las muestras que fueron sometidas al pretratamiento presentan mayor disminución de ésta, debido a la hidrosolubilidad y termosensibilidad de la vitamina.

Los procesos de secado disminuyeron la saturación del producto comparados con el cilantro y el perejil frescos, ya que se presentó pardeamiento y caramelización de los azúcares, aunque el matiz se mantuvo dentro de la gama del tono verde.

Los productos deshidratados con aire caliente sin pretratamiento presentan una mayor capacidad de rehidratación si se comparan con los productos deshidratados osmóticamente, ya que el secado proporciona más poros en la estructura; mientras que la solución osmótica recubre la superficie del producto dificultando el proceso de rehidratación.

Las hojas de cilantro deshidratadas osmóticamente y secadas a 70°C muestran una mayor aceptación por el consumidor en cuanto al aroma. Esto podría deberse a que hay una conservación de los compuestos volátiles por la disminución en el tiempo de exposición al tratamiento térmico.

El cilantro secado a 70°C sin el pretratamiento presenta una mayor aceptación en cuanto al sabor por el consumidor, probablemente debido a que la solución de sacarosa y cloruro de sodio en las hojas, no es asociado por el consumidor con el sabor del cilantro fresco.

La porosidad del producto deshidratado debería medirse porque es una propiedad de monitoreo del secado que influye en el grado de rehidratación de las muestras. Las condiciones en los procesos (concentración de solutos, tiempo de proceso, agitación, temperatura, entre otros) de la osmodeshidratación debe-

rían estudiarse con mayor profundidad para determinar si es posible obtener un producto seco con características apropiadas. Además, se recomienda estudiar un rango de temperaturas de secado más amplio para establecer criterios más confiables en el establecimiento de una temperatura adecuada para el proceso de secado del perejil y el cilantro.

## 5. Bibliografía

- ADRIÁN, J., POTUS, J., POIFFAIT, A., DAUVILLIER, P. 2000. *Análisis nutricional de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza. España. pp. 240-247
- AKPINAR, K., BICER, Y. y CETINKAYA, F. 2006. *Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun*. Journal of Food Engineering. 75, 308-315.
- BARBOSA-GUERRA, N., MELO, E.A., FILHO, J. M., 2005. *Antioxidant compounds from coriander (Coriandrum sativum L.) etheric extract*. Journal of Food Composition and Analysis. 18, 193-199
- BENAMOTZ, A. y FISHLER, R. 1998. *Analysis of carotenoides with emphasis in 9-cis-  $\beta$ - carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel*. Food Chemistry. 62, 515-520.
- BERNAL, I.1998. *Análisis de alimentos*. 3 Ed. Editorial Guadalupe. Bogotá. Colombia. 314 p.
- BERSET, C. y CABUNIAX, P. 1983. *Relationship between color evaluation and chlorophyllian pigment content in dried parsley leaves*. Journal of Food Science. 48, 1854-1857, 1877
- DANE-SISAC 2002. *Censo Hortícola*. Sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia. 29 p.
- DÍAZ-MAROTO, M. C., PÉREZ-COELLO, M. S. y CABEZUDO, M. D. 2002. *Effect of different drying methods on the volatile components of parsley (Petroselinum crispum L.)*. European Food Research and Technology. 215, 227-230.
- DOYMAZ, I, TUGRUL, N., PALA, M. 2006. *Drying characteristics of dill and parsley leaves*. Journal of Food Engineering. 77, 559-565
- FATOUH, M., METWALLY, M. N., HELALI, A. B. y SHEDID, M. H. 2006. *Herbs drying using a heat pump dryer*. Energy Conversion and Management. 47, 2629-2643
- GEANKOPLIS, C.J. 1993. *Transport processes and unit operations*. Pentice Hall International, Englewood Cliffs, N.J. pp. 579-634
- GREGORY, J. F. 1996. *Vitamins*. pp. 531-616. En Fennema, O.R. (ed.). Food chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York. N.Y. 1067 p.
- JANICK, J., 1986. *Horticultural Science*. 4 ed. W.H Freeman and Co, San Francisco. CA. 746 p.
- LEE, J.H. y SCHWARTZ, S. J. 2006. *Pigmensts in plant foods*. pp. 14.1-14.13. En: Hui, Y.J. (ed.). Handbook of science, technology and engineering. Taylor & Francis. Boca Raton. F.L. 1000 p.

- MALDONADO, R., PACHECO-DELAHAYE, E. 2003. *Curvas de deshidratación de brócoli (Brassica oleraceae L var. Italica Plenck) y coliflor (Brassica oleraceae L var. Botrytis L)*. Revista Facultad de Agronomía. 20(3), 306-319.
- MARTÍNEZ, A., LEE, R., CHAPARRO, D., PÁRAMO, S., 2003. *Postcosecha y mercado de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Colombia. 58 p.
- MEDA, L. y RATTI, C. 2005. *Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures*. Journal of Food Process and Engineering. 28, 233-246.
- MELO, E.A., FILHO, J. M., BARBOSA-GUERRA, N. 2005. *Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract (Coriandrum sativum L.)*. LWT-Food Science and Technology. 38, 15-19.
- PROTHON, F., AHRNE, L., FUNEBO, T., KIDMAN, S., LANGTON, M., SJOHOLM, I.; 2001. *Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics*. LWT-Food Science and Technology. 34, 95-101.
- RAHMAN, M.S. y PERERA, C. O. 1999. *Drying and food preservation*. Pp. 173-216. En: Rahman, M.S. (ed.). Handbook of food preservation. Marcel Dekker. New York. N.Y. 809 p.
- RAMASWAMY, H. y MARCOTTE, M. 2006. *Food processing principles and applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, F.L. pp. 233-277
- RIVERA-VERGARA, C. y SÁNCHEZ-BERJAN, S.A. 2001. *Diseño de un modelo de tecnología apropiada para la deshidratación de espinacas*. Trabajo de grado. Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 273 p.
- SAHIN, S. y GULUM-SUMNU, S. 2006. *Physical properties of foods*. Springer Verlag Inc., New York, N.Y. 257 p.
- SHARMA, S. K., MULVANEY, S. J., RIZVI, S. S. H. 2000. *Food process engineering: Theory and Laboratory experiments*. John Wiley and Sons, Inc. New York. pp. 205-217
- SHIGEMATSU, E., EIK, N., KIMURA, M., MAURO, M. 2005. *Influência de pré- tratamentos sobre a desitratacao osmótica de carambolas*. Ciência e Tecnologia de los alimentos. 25(3), 536- 545.
- SOYSAL, Y. 2004. *Microwave drying characteristics of parsley*. Biosystems Engineering. 89,167-173.

- \_\_\_\_\_, Y., ÖZTEKIN, S. O., EREN, Ö. 2006. *Microwave drying of parsley: Theoretical models for fluid bed drying of cut vegetables*. Biosystems Engineering. 93 (4), 403-413
- VON ELBE, J.H. y SCHWARTZ, S. J. 1996. *Colorants*. pp. 651-722. En Fennema, O.R. (ed.). *Food chemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York. N.Y. 1067 p.
- WONG, P.Y.Y., KITTS, D.D. 2006. *Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and cilantro (*Coriandrum sativum*) extracts*. *Food Chemistry*. 97, 505-515