

En fichas anteriores se planteó la necesidad de conservar alimentos mediante métodos que extiendan la vida útil de los productos sin deteriorar su calidad. Asimismo, se hizo mención al desarrollo de prácticas y evolución de otras ya existentes a fin de aumentar el rendimiento, bajar costos, lograr mejoras en determinados parámetros de calidad de los alimentos, entre otras cosas.

La deshidratación osmótica (DO) es un tratamiento no térmico utilizado para reducir el contenido de agua de los alimentos, con el objeto de extender su vida útil y mantener características sensoriales, funcionales y nutricionales. Es un método antiguo que se va mejorando a través del tiempo y adecuando a las necesidades actuales.

Con esta técnica es posible lograr una deshidratación parcial del alimento, entero o fraccionado, mediante su inmersión en soluciones acuosas concentradas en solutos (soluciones hipertónicas) que tienen elevada presión osmótica y baja actividad de agua. Durante este proceso se presentan dos flujos en contracorriente: el desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución concentrada, y el movimiento de solutos desde la solución al alimento.

La deshidratación osmótica casi no afecta el color, sabor, aroma y textura del alimento, se evita la pérdida de la mayor parte de los nutrientes y no posee un gran requerimiento energético ya que se realiza a bajas temperaturas (en general cercanas a la del ambiente).

En muchos casos se utiliza este método industrialmente como pretratamiento en operaciones convencionales como congelación, liofilización, secado (por microondas, por convección, etc.), entre otros; para lograr estabilidad del producto manteniendo sus características organolépticas. Asimismo, otra función de la técnica consiste en modificar el contenido de algunos componentes del alimento.

Actualmente se emplea principalmente en el tratamiento de frutas y verduras, no obstante existen aplicaciones en pescados y carne.

## APLICACIONES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

### Frutas y Verduras



<http://www.exportersindia.com/southerncitrus/products.htm?slno=255754>

Gran parte de las frutas y hortalizas permiten el empleo de la deshidratación osmótica para su conservación ya que poseen una estructura celular que puede actuar como membrana semipermeable, principalmente aquellas que poseen un porcentaje de entre 5% y 18% de sólidos disueltos en su interior como ácidos, minerales, vitaminas, azúcares, etc.

La estructura de la membrana celular varía dependiendo de la fruta, aquellas que poseen membranas más porosas pueden eliminar mayor cantidad de agua y absorber más sólidos, lo cual puede beneficiar al proceso pero también podría afectar la textura de la fruta. Por esto es necesario evaluar las variables de la

operación según el tipo de fruta que se va a procesar.

Existen varios estudios que demuestran la eficacia de la deshidratación osmótica en manzana, banana, piña, arándanos, pomelo, mango, guayaba, pera, kiwi, frutillas, higos y de vegetales como papa, tomate, cebolla y otros. En nuestro país se aplica industrialmente para la conservación de arándanos y otras frutas finas, ya sean frescas o congeladas, para la fabricación de pasas de arándanos y se proyecta su aplicación en otras frutas como manzana.

Es importante mencionar que en el deshidratado de frutas la solución osmótica puede reutilizarse o servir como materia prima en la fabricación de jugos de frutas o de otras formulaciones. Esto se debe a que estas soluciones son ricas en azúcares y otros solutos provenientes de las frutas, siendo por esto un subproducto de alto valor agregado que puede generar un beneficio económico extra si se lo comercializa o reutiliza en la fabricación de otros productos.

### **Deshidratación Osmótica de Carne y Pescado**

El proceso de deshidratación osmótica en carnes y pescados consiste básicamente en la inmersión de estos alimentos en salmueras concentradas durante un período de tiempo determinado. Existen numerosos estudios sobre ésta técnica que buscan optimizar el proceso mediante la aplicación de soluciones osmóticas de mezclas de solutos, tiempos de inmersión variables, distintas temperaturas de operación, entre otros. Es por esto que actualmente la deshidratación osmótica de carnes y pescados está en etapa experimental y por lo tanto no se aplica en la industria. Sin embargo se demostró que las variaciones de masa que ocurren durante el procesamiento de estos alimentos son similares a las que suceden en la deshidratación osmótica de frutas y vegetales, por lo cual se conservan de igual manera las características sensoriales y nutricionales de los productos.

### **VENTAJAS DEL PROCESO**

- ◆ Costos energéticos reducidos debido a la aplicación de temperaturas relativamente bajas.
- ◆ No se producen cambios de fase del agua contenida en el alimento durante el proceso.
- ◆ El color, aroma, sabor y textura del alimento se modifican mínimamente.
- ◆ Permite el procesamiento de pequeños volúmenes de producto.
- ◆ En la mayoría de los casos no se requiere de tratamientos químicos previos.
- ◆ Aumenta la vida útil del alimento ya que disminuye su actividad de agua, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos.
- ◆ Al reducir el contenido de agua disminuye el peso del producto, lo cual reduce los costos de empaque y transporte.
- ◆ Luego de finalizada la operación, se puede utilizar la solución osmótica como materia prima en la formulación de otros productos.

## FUNDAMENTOS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

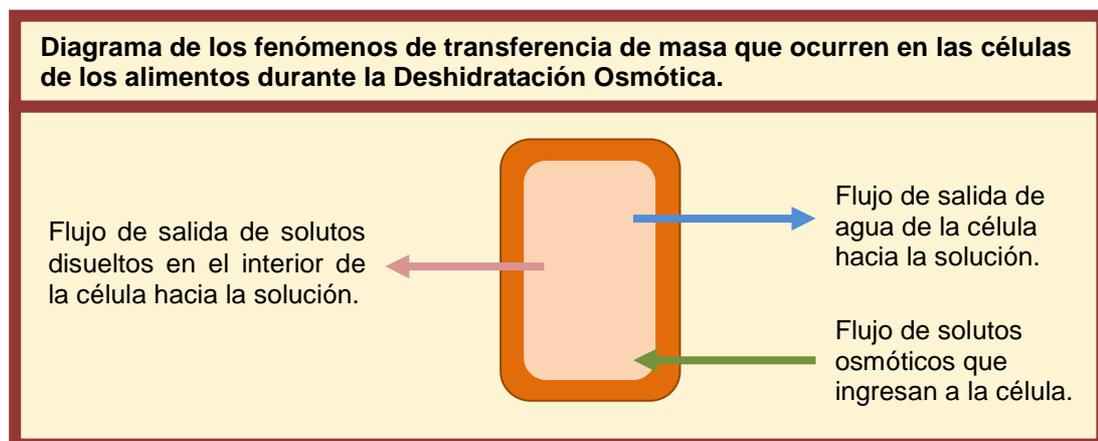
Todos los seres vivos requieren de un nivel adecuado de agua y de sólidos disueltos en el interior de sus células para que éstas puedan llevar a cabo sus funciones metabólicas las cuales son fundamentales para la vida del organismo. El fenómeno de ósmosis se realiza con el objetivo de conservar este balance hídrico entre las células y el líquido que las rodea, denominado líquido intersticial.

La ósmosis es el desplazamiento de moléculas de solvente a través de una membrana semipermeable desde una región de concentración de soluto más baja (hipotónica) hacia otra de concentración más alta (hipertónica) del mismo soluto, por acción de las diferencias de presión osmótica que poseen estas soluciones. El proceso finaliza cuando se igualan las presiones osmóticas.

La deshidratación osmótica de alimentos consiste en la aplicación de éste fenómeno ya que, como se mencionó antes, los alimentos contienen gran cantidad de agua y de sustancias disueltas en el interior de las células que conforman los distintos tejidos. La membrana celular actúa como membrana semipermeable, el contenido intracelular como solución hipotónica y como solución hipertónica se utiliza una preparada con altas concentraciones de soluto en función del producto a tratar, generalmente se utiliza sacarosa para frutas y cloruro de sodio para carnes y vegetales, o mezclas de estos; también pueden utilizarse alcoholes de alto peso molecular. En dicha solución concentrada se sumergen los alimentos ya sea enteros o trozados.

Si la membrana celular fuera perfectamente semipermeable, los solutos no podrían difundir hacia el interior de las células. No obstante los alimentos no poseen este tipo de membrana, por lo cual puede existir difusión del soluto al alimento y de sus componentes hacia la solución. En consecuencia se producen dos fenómenos de transferencia de masa:

1. Difusión de agua desde el alimento a la solución cuya fuerza impulsora es la diferencia de presión osmótica. Es posible que ocurra arrastre de algunos solutos disueltos en el interior del producto, sin embargo este flujo de componentes suele ser despreciable respecto al de salida de agua y al de entrada de soluto al alimento.
2. Difusión de solutos desde la solución hacia el alimento, denominado impregnación, donde la fuerza impulsora es la diferencia de concentraciones.



### Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos

Nombre	Usos	Ventajas
Cloruro Sódico	Carnes y verduras. soluciones superior 10%	Alta capacidad de depresión de $a_w$ .
Sacarosa	Frutas	Reduce pardeamiento y aumenta retención de volátiles.
Lactosa	Frutas	Sustitución parcial de sacarosa.
Glicerol	Frutas y Verduras	Mejora la textura.
Combinación	Frutas, Verduras y Carnes	Características sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de $a_w$ de las sales con alta capacidad de eliminación de agua del azúcar.

Fuente: Barbosa – Cánovas y Vega – Mecado, 1996.

### PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA EN FRUTAS

Se describirá el proceso de DO de frutas por ser el más utilizado actualmente en la industria y del cual hay a disposición en el mercado equipos e insumos. Este proceso es sencillo y de bajo costo, las etapas en las que se divide son en su mayoría las características de cualquier procesado de frutas con excepción de la etapa de inmersión en el jarabe y deshidratación osmótica.

Diagrama de flujo del proceso:



## PREPARACIÓN DE LA FRUTA

Para la eficacia de este proceso es necesario optar por frutas que posean estructura celular rígida o semirígida, es decir aquellas que permitan su trozado (en cubos, tiras, rodajas, etc.). Por el contrario las frutas que presenten pulpa líquida no servirán a este proceso. Cuando se desee procesar frutas que presente un recubrimiento ceroso o pruina es recomendable aplicar un tratamiento de permeabilización, previo al trozado. Este tratamiento puede hacerse mediante un baño de solución de hidróxido de sodio hirviendo por un período de tiempo de entre 30 a 45 segundos, con el inmediato lavado de la fruta para quitarle el excedente de solución. Otra opción es el escaldado, someter a la fruta a la acción del calor durante 1 a 3 minutos, lo cual disminuye la selectividad de las paredes de las células y aumenta la permeabilidad de ésta.

## TROZADO

Muchas veces cuando se trata de frutas de gran volumen es necesario su trozado para un mejor resultado del proceso. Si se trabaja con frutas pequeñas como arándanos, frutillas u otras frutas finas ésta etapa no es necesaria.

## INMERSIÓN EN JARABE

La solución osmótica o agente deshidratante al cual se van a exponer las frutas debe contener como soluto una sustancia que sea compatible con ella, como el azúcar (sacarosa), miel u otros jarabes preparados a partir de azúcares diferentes (lactosa, fructosa, glucosa). El cloruro de sodio (sal de mesa) puede dar un sabor desagradable, no obstante en algunos casos se agregan cantidades mínimas de este soluto a las soluciones de azúcar con el fin de aumentar la velocidad de deshidratación.

Una vez preparado el jarabe debe colocarse en un recipiente adecuado en el cual se sumerge la fruta. Rápidamente debido al proceso de ósmosis el agua contenida en la fruta sale hacia el jarabe a la vez que se impregna de los sólidos contenidos en la solución osmótica, aunque esto último se da a una velocidad menor a la de pérdida de agua por parte del alimento.

La pérdida de agua es la etapa fundamental de este proceso y puede dividirse en dos periodos debido a la velocidad con la que se presenta. En un primer periodo que dura aproximadamente dos horas el alimento pierde agua a alta velocidad. Luego la velocidad de pérdida de agua disminuye como consecuencia de una menor diferencia de presión osmótica entre el interior del alimento y el jarabe, a pesar de esto el alimento continúa eliminando agua por un tiempo de dos a seis horas. Si se extiende el tiempo de inmersión puede observarse que el flujo de agua hacia la solución externa es prácticamente nulo después de diez horas de proceso.

## EXTRACCIÓN Y ENJUAGUE

La fruta, ya sea en trozos o entera, se extrae del jarabe una vez finalizado el tiempo de inmersión. Al retirarlas estas redujeron su contenido de humedad en un 70% a 80% y aumentaron el contenido de sólidos debido al ingreso de éstos y a la salida de agua. Todo eso otorga mayor estabilidad a las frutas ya que al reducirse la actividad de agua del producto los microorganismos tienen menor posibilidad de crecer y desarrollarse.

Luego es necesaria una etapa de enjuague para quitar los restos de jarabe que pueda contener la fruta en la superficie. Esto puede hacerse también mediante un proceso de centrifugado a velocidad lenta para no dañar la fruta.

### SECADO

Debido a que las frutas deshidratadas osmóticamente aún contienen niveles de humedad de un 20% a 30%, se pueden aplicar procesos de secado complementarios que permitan extender la vida útil del producto por un tiempo mayor. Entre estos procesos se destacan el secado por aire caliente, secado por microondas, secado al vacío y en casos de alimentos con alto valor agregado puede aplicarse el proceso de liofilización.

### CONTROL DE CALIDAD

Al finalizar el procesamiento de las frutas estas deben ser controladas a través de diferentes técnicas dependiendo el tipo de producto final que se obtenga. Esta etapa es fundamental para la comercialización y aceptación del producto por parte de los consumidores.

### EMPACADO

Dependiendo de la estabilidad lograda en el producto final se deberá elegir el material de empaque adecuado. Por ejemplo un producto que posee un contenido de humedad inferior al 30% como resultado de la DO y de otro proceso de secado complementario, no requiere de materiales especiales para su envasado, pudiendo conservarse a temperatura ambiente a través de su empaque con películas de polietileno delgado. Cabe aclarar que esto depende del tipo de fruta que se este procesando y de los requerimientos de empaque que cada una presenten.

## Factores que influyen sobre la velocidad de deshidratación

### Temperatura de la solución osmótica

La temperatura produce cambios en el proceso de DO debido a los efectos que tiene sobre la difusión de agua del producto hacia la solución y sobre la permeabilidad de las membranas celulares. Respecto a la velocidad de pérdida de agua el aumento de temperatura favorece la agitación molecular lo cual eleva la velocidad de difusión. En cuanto a la permeabilidad de las membranas, como ya se mencionó, un aumento de temperatura puede afectarla perjudicando el proceso. Para la mayoría de las especies vegetales el rango de temperatura al cual las membranas de las células se modifican es entre los 50°C y 55°C aproximadamente.

### Presión de operación

Cuando se lleva a cabo la Deshidratación Osmótica a Vacío (DOV) se favorece el proceso de transferencia de agua ya que permite retirar los gases ocluidos en espacios intracelulares y ser ocupados por la solución osmótica, incrementando el área disponible para la transferencia de masa. Por otro lado la aplicación de vacío al proceso de DO no afecta la ganancia de solutos por parte del alimento.

### Agitación de la solución osmótica

Una mejora del proceso de DO puede lograrse mediante la agitación de la solución ya que permite homogeneizar la temperatura y la concentración de soluto. Como consecuencia aumenta la velocidad de deshidratación ya que constantemente la fruta está en contacto con una solución de alta concentración y de temperatura uniforme.

### Concentración de la solución osmótica

Cuanto mayor sea la concentración de soluto de la solución osmótica mayor será la diferencia de presión osmótica entre ésta y el producto, lo cual aumentará la velocidad de salida de agua del producto. Sin embargo debe tenerse en cuenta que concentraciones muy altas de soluto pueden causar que se forme una capa de este sobre la superficie de las frutas lo que dificultaría la pérdida de agua. Por lo tanto es muy importante realizar ensayos previos para determinar cuál es la concentración más adecuada para cada producto.

### Tipo de soluto

La elección del soluto depende del tipo de producto a tratar, del costo del soluto y la calidad final deseada. Como ya se mencionó el soluto más difundido para la deshidratación osmótica de frutas es la sacarosa, aunque en muchos casos se utiliza mezclas de sacarosa con mínimas proporciones de cloruro de sodio (sal). La aplicación de esta mezcla presenta ventajas respecto a la utilización de cada uno por separado, ya que la deshidratación es mayor y la penetración de solutos es menor. Esto se debe a que la sacarosa forma una barrera sobre la superficie de la fruta que evita la penetración de la sal, pero a su vez la presencia de sal en la solución mantiene una baja actividad de agua lo cual produce una continua pérdida de agua y una baja ganancia de solutos.

### Propiedades del soluto

Las propiedades fisicoquímicas del soluto elegido son una variable determinante en la transferencia de masa durante la DO. Si se utilizan solutos de peso molecular alto se favorece la pérdida de agua, mientras que si se eligen solutos cuyo peso molecular es bajo la impregnación de soluto al alimento será mayor ya que las moléculas de éste pueden pasar más fácilmente hacia el interior del tejido celular.

### Geometría y tamaño del producto

Dependiendo del tipo de geometría y tamaño que presente el producto variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la acción de la solución osmótica. Diferentes estudios demostraron que si se tienen productos de menor tamaño (la superficie por unidad de volumen aumenta) se eleva la pérdida de agua, por el contrario si se tienen trozos de fruta, u otro alimento, de tamaño superiores (la superficie por unidad de volumen disminuye) la pérdida de agua es menor.

### Relación masa de solución / masa de producto

Cuánto mayor sea la relación masa de solución sobre la masa de producto a tratar (es decir cuanto mayor sea la cantidad de jarabe respecto a la cantidad de fruta) mayor será la pérdida de agua y la ganancia de solutos.

## EQUIPOS Y COSTOS DEL PROCESO

El equipamiento necesario para la aplicación del proceso de DO como método de conservación de distintos tipos de frutas puede ser de dos tipos según la presión de operación que se utilice.

Para la Deshidratación Osmótica a presión atmosférica se requiere de los siguientes equipos:

- **Cuba para tratamiento de permeabilización:** Este equipo se utiliza cuando se

procesan frutas que presentan un recubrimiento ceroso denominado pruina en su superficie (arándanos, ciruelas, uvas, etc.) el cual es necesario eliminar mediante un tratamiento con solución de hidróxido de sodio.

- **Cuba para lavado:** Una vez finalizado el tratamiento de permeabilización es necesario lavar la fruta rápidamente para que no se altere la calidad de la misma por acción del hidróxido de sodio residual, lo cual se lleva a cabo en este equipo.
- **Paila osmótica:** Dentro de esta se colocan los canastos contenedores de los frutos y el jarabe o solución osmótica. La paila debe contar con un sistema de agitación continua para optimizar la deshidratación. La capacidad se elige según el volumen de fruta que se requiera procesar.
- **Contenedores para la fruta:** El tamaño de los contenedores puede variar según el tipo de fruta que se desee deshidratar.
- **Centrífuga:** Este equipo se utiliza una vez finalizado el proceso de deshidratación para la eliminación del jarabe y agua excedente que pueda contener el fruto. Debe presentar velocidad variable según la fruta que se este centrifugando y mantener la temperatura de procesado estable. Una vez finalizado el centrifugado de la fruta se realiza el secado de esta por medio de aire caliente, o mediante otro procedimiento como los mencionados anteriormente.



Actualmente estos equipos son fabricados en el país y se encuentran por lo tanto, disponibles en el mercado. Para este informe se consultó a la empresa nacional Multiequip – Byrd ([www.multiequip.com.ar](http://www.multiequip.com.ar)) proveedor de tecnología para la industria de alimentos. Los costos y detalles de los equipos para deshidratación osmótica a presión atmosférica que ellos comercializan se encuentran a continuación.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	COSTO APROXIMADO
<b>CUBA DE ELIMINACION DE LA PRUINA O CERA EXTERIOR</b>	Construida en acero inoxidable A.I.S.I. 304, de 1,5 mm de espesor, medidas 1000 mm de largo x 700 mm de ancho x 300 mm de profundidad. Sistema de calefacción eléctrico (3500 watts) con termostato digital. Capacidad de carga por vez, dos contenedores de 450 mm x 600 mm x 100 mm de espesor.	<b>U\$S 2980</b>
<b>CUBA DE LAVADO</b>	Construida en acero inoxidable A.I.S.I. 304, de 1,5 mm de espesor, medidas 1000 mm de largo x 700 mm de ancho x 300 mm de profundidad, con dos grifos de lluvia móviles para el lavado de los frutos.	<b>U\$S 1850</b>
<b>PAILA OSMOTICA</b>	Construida en acero inoxidable A.I.S.I. 304, de 1,5 mm de espesor, con un diámetro de 1500 mm. y altura de 900 mm interior. Capacidad de jarabe 1000 lts, capacidad de carga 16 contenedores de 450 mm x 700 mm x 100 mm de ancho, divididos en cuatro secciones de cuatro contenedores. Sistema de traslación por rotación de canastos dentro del jarabe, agitación y cambio de exposición del producto, por medio de motorreductor de velocidad variable. Sistema de calefacción del jarabe, eléctrico con termostato digital de variación mas/menos 1°C. Sistema de control de nivel de glucosa del jarabe por refractómetro. Sistema de control de tiempo por temporizador digital.	<b>U\$S 15800</b>
<b>CARRO PARA TRANSPORTE DE LOS CONTENEDORES</b>	Construido en acero inoxidable A.I.S.I. 304, de 1,5 mm de espesor, sirve para el transporte de los contenedores. Es el nexó móvil entre las distintas etapas del proceso.	<b>U\$S 625</b>
<b>CONTENEDORES</b>	Construidos en acero inoxidable A.I.S.I. 304, de 1 mm de espesor, en chapa perforada, medidas de 450 mm de frente x 700 mm de largo x 100 mm de ancho, con tapa y cerrojo. Poseen divisiones interiores para evitar el aplastamiento de los frutos o las piezas. Volumen del contenedor: 31,5 lts.	<b>U\$S 278</b>
<b>CENTRIFUGA</b>	Maquina centrifuga para eliminar el excedente de jarabe y agua del fruto, con velocidad variable. Posee implementado un sistema de inyección de aire por un forzador centrífugo con un calefactor que mantiene estable la temperatura del aire. Un contador digital del porcentaje de velocidad del sistema de centrifugado monitorea la velocidad, y un temporizador cuenta el tiempo de exposición del producto.	<b>U\$S 5850</b>

Para acelerar el proceso osmótico una opción es realizar el proceso a presión de vacío. Para esto se requieren de equipos adecuados en los cuales se logran condiciones de presión por debajo de la atmosférica. La ventaja de la Deshidratación Osmótica por Vacío (DOV) es que el tiempo de operación es menor y se obtiene un producto deshidratado de mayor valor agregado.

La empresa Multiequip – Byrd comercializa equipos de DOV de diferentes capacidades. El costo de uno con capacidad para 600 kg de carga es U\$S 31.940 aproximadamente. Además diseñan y fabrican líneas de deshidratadores osmóticos de menor precio pero de capacidad de producción reducida.

## GLOSARIO

**Actividad del agua (aw):** Se denomina actividad de agua a la relación entre la presión de vapor de agua del substrato de cultivo (P) y la presión de vapor de agua del agua pura (P<sub>0</sub>), ambos permaneciendo a una misma temperatura:

$$aw = P / P_0$$

Esto es la humedad relativa del aire en equilibrio con una muestra contenida en una cámara sellada de medición. Multiplicando la "aw" por 100 se obtiene la humedad relativa de equilibrio (HRE) de la atmósfera en equilibrio con el producto.

$$HRE = aw \times 100$$

## FUENTES CONSULTADAS

- Marín B. Eduardo, Lemus M. Roberto, Flores M. Verónica, Vega G. Antonio. La rehidratación de Alimentos Deshidratados. Rev Chil Nutr Vol. 33, N°3, Diciembre 2006.
- Eduardo J. Martinez Márquez. Química. Volumen 2.
- M<sup>a</sup> José Moraga Ballesteros. Desarrollo de un producto gelificado con pomelo empleando tratamientos osmóticos. Valencia 2008.
- Ceballos Chan Germán E. Estudios en Papaya mínimamente procesada por deshidratación osmótica. Valencia 2005.
- Della Rocca Patricia. Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación Osmótica y secado por microondas y aire caliente. Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2010.
- Rodriguez Anabel, Pagano Ana M., Mascheroni Rodolfo H. Optimización del Parámetro de color en la Deshidratación Osmótica de frambuesas.
- Mya Mya Khin, Weibiao Zhou, Conrad Perera. Desarrollo de un tratamiento combinado de cobertura y deshidratación de alimentos. Mundo Alimentario Enero / Febrero 2009.
- Reyes M. Genera, Corzo Otoniel, Bracho Nelson. Optimización de la Deshidratación Osmótica de sardina mediante metodología de superficies de respuesta. Venezuela 2005.
- López Ruez Luz, Dávila Solar Luis. Salado de Merluza por pila seca, húmeda y por Deshidratación Osmótica a vacío.
- Bianchi M. Milisenda P., Guarnaschelli A., Mascheroni R. H. Transferencia de masa en Deshidratación Osmótica de frutas. Determinación experimental y simulación.