

DEHIDROCONGELACIÓN DE FRUTAS: ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

Melina Bianchi - Ana Guarnaschelli - Pablo Milisenda*

RESUMEN: Con la intención de mejorar la calidad sensorial de productos frutihortícolas durante su conservación, y tener la posibilidad de combinar y aplicar otros procesos como la congelación, se estudió el uso de la Deshidratación Osmótica como pretratamiento para prolongar la vida útil en diferentes matrices vegetales. Para ello, en una primera etapa, se examinaron los efectos de la concentración de la solución osmódeshidratante en tres frutas con diferentes composiciones, estructuras celulares y características sensoriales, sobre la cinética de transferencia de materia. En la faz experimental, se utilizaron muestras de peras de la variedad Packham's Triumph, kiwis de la variedad Hayward y melones de la variedad Honey Dew. Se realizaron deshidrataciones bajo distintas concentraciones de solución (soluciones de sacarosa de 40 y 60°Brix) y tiempo de contacto y luego se congelaron muestras con diferentes tiempos de deshidratación. Además se analizaron las consecuencias producidas por el proceso completo de dehidrocongelación sobre la calidad sensorial tomando como parámetros el color, la textura y exudado producido en las tres frutas deshidratadas osmóticamente y posteriormente congeladas y descongeladas. La deshidratación osmótica aplicada en una etapa previa a la congelación tuvo consecuencias favorables en lo que respecta al estudio de calidad de las frutas y además el efecto beneficioso de disminuir el tiempo necesario para la congelación en las muestras estudiadas. El pretratamiento osmótico podría ser una importante herramienta, principalmente en lo que respecta al desarrollo y aplicación en frutas estacionales, introduciendo un valor agregado a las mismas en el mercado con propiedades funcionales para sistemas alimenticios específicos.

Palabras clave: dehidrocongelación - deshidratación osmótica - calidad de frutas.

ABSTRACT: *Dehydrofreezing of fruit: study on quality parameters*

Osmotic dehydrofreezing as pretreatment to extend shelf life in different vegetable matrices was studied with the purpose of improving sensory quality of fruit and vegetables during their conservation, as well as of assessing the possibility of combining and applying other processes such as freezing. The effects of the osmotic dehydration solution on the transfer kinetics of matter were studied in three kinds of fruit with different compositions, cell structures, and sensory characteristics. Samples of Packham's Triumph pears, Hayward kiwis and Honey Dew melons were used during the experimental stage. Dehydration was carried out under different solution concentrations (sucrose solutions of 40° and 60° Brix) and exposure times. Then, samples with different dehydration times were frozen. Consequences of the whole dehydrofreezing process on sensory quality based upon parameters such as color, texture and exudate were examined in the

* *Melina Bianchi* es Ingeniera en Tecnología de los Alimentos, docente de la carrera ITA de UCEL. *Ana Guarnaschelli* y *Pablo Milisenda* son graduados de la carrera de Ingeniería en Tecnología de los Alimentos en UCEL. Los autores fueron investigadores del Proyecto "Modelado y Simulación de procesos de congelación y dehidrocongelación de frutas, ALI 113", bajo la dirección del Dr. Rodolfo Mascheroni (CIDCA-CONICET, UNLP). E-mail: mbianchi@ucel.edu.ar

three fruits submitted to osmotic dehydration, followed by freezing and thawing. It was found that osmotic dehydration applied before the freezing stage had favorable effects on fruit quality plus the advantage of reducing the time needed to freeze the samples under study. Osmotic pretreatment might be a useful added value mainly for seasonal fruit development and application with functional properties for specific food systems.

Key words: dehydrofreezing - osmotic dehydration - fruit quality

1- Introducción

El incremento en las preferencias del consumidor moderno hacia frutas y vegetales mínimamente procesados, tanto para el consumo directo como para ingredientes en la elaboración de otros alimentos, ha llevado al desarrollo de tecnologías alternativas con el objetivo de minimizar los inconvenientes de los procesos tradicionales (por ejemplo durante la congelación se producen cambios químicos y físicos que afectan las características tisulares y nutricionales de estos alimentos, además de tener un importante consumo energético) (Alzamora y col., 1997).

La deshidratación osmótica (DO) es una tecnología ampliamente usada para la extracción parcial de agua en tejidos hortofrutícolas, en la cual el alimento está en contacto con una solución de baja actividad de agua (siendo en la mayoría de los casos soluciones concentradas de sales y/o azúcares), estableciéndose 2 mecanismos de transferencia de masa: i) el agua se transfiere desde el producto hacia la solución, frecuentemente acompañada por sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos, componentes del sabor) y ii) en la dirección opuesta, el soluto se transfiere desde la solución hacia el alimento (Spiazzi y Mascheroni, 1997; Agnelli y col., 2005). Como consecuencia de este intercambio el producto pierde peso y se encoge, y se generan cambios en las propiedades ópticas y mecánicas, dependiendo de las condiciones del proceso y las características de cada alimento a deshidratar (Torregiani, 1995; Talens y col., 2001).

Sin embargo, el producto parcialmente deshidratado no es microbiológicamente estable y además es más susceptible al deterioro químico, por lo que se requiere un procesamiento posterior para prolongar su vida útil. Varios tratamientos fueron estudiados hasta el momento: congelación y distintas formas de secado convectivo son los más típicos.

La deshidratación parcial ha sido tradicionalmente realizada con aire caliente, pero durante este proceso ocurren reacciones de deterioro muy importantes, principalmente una notoria pérdida de textura, cambios de sabor y de color. La DO, en cambio, posibilita la disminución del contenido acuoso en condiciones de trabajo suaves haciendo que se limiten en gran medida las reacciones de deterioro. Por realizarse en un medio acuoso, las reacciones de oxidación responsables de pérdidas de color y sabor, se reducen. Por otra parte, la incorporación de sólidos que ocurre durante la DO permite mejorar la textura y realza los aromas y sabores. Además, provoca un descenso en el punto crioscópico del alimento, lo que debería llevar a una mejor nucleación durante la congelación con la formación de pequeños cristales de hielo y por lo tanto, aminorar la pérdida de textura que ocurre al descongelar el alimento congelado, por rotura de la estructura celular (Garrote y Bertone, 1989; Forni y col., 1990; Torregiani, 1993; Robbers y col., 1997; Spiazzi y col., 1998; Marani y col., 2007).

La dehidrocongelación, que consiste en combinar el proceso de deshidratación osmótica seguido de una congelación, se presenta como una alternativa tecnológica de inte-

rés para obtener productos congelados de buena calidad. La etapa previa de deshidratación osmótica busca contrarrestar el efecto dañino de la congelación, inclusive en tejidos muy delicados como las frutas y los vegetales (Agnelli y col., 2005; Marani y col., 2007). Este aspecto interesa especialmente en algunos frutos, por ejemplo: kiwi, melón, manzana, pera, frutilla y durazno, todos productos particularmente sujetos a daño por congelación.

Desde el punto de vista económico, la necesidad de frío se ve reducida proporcionalmente a la menor cantidad de hielo formado y la disminución de volumen conduce a un menor costo de manejo, conservación y transporte.

En cuanto a las aplicaciones, las más interesantes resultan la preparación de ensalada de frutas congelada y como ingredientes para la elaboración de helados, yogurt y pastelería (habiendo en esta última una doble ventaja: buena calidad organoléptica y un reducido contenido de agua que limita el riesgo de impregnación de la masa) (Monzini y Maltini, 1986).

En el presente trabajo, se examinaron distintos aspectos vinculados a los parámetros de calidad en las etapas de Deshidratación Osmótica y la posterior congelación de distintos productos frutihortícolas

Los *objetivos* establecidos se detallan a continuación.

- Investigar sobre un tema de interés nacional y regional (aprovechamiento de frutas para su valorización en productos elaborados).

- Determinar índices de calidad: color, textura y exudado, tanto para la etapa de deshidratación osmótica como para su posterior congelación y evaluar la influencia de dichos parámetros en el proceso de dehidrocongelación.

En el presente trabajo se resume, pues, parte de la investigación enmarcada en el Proyecto ALI 113 donde los estudios y determinaciones experimentales realizadas por el Grupo de Investigación contemplaron parámetros cinéticos, de calidad y desarrollos de modelos matemáticos para predecir el comportamiento de diversas frutas. En este artículo se publican los resultados de los parámetros de calidad en distintas matrices vegetales

2- Materiales y métodos

La sede donde se llevó a cabo la parte experimental del presente proyecto de investigación fue el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA), perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata y CONICET, situado en la ciudad de La Plata, Argentina. El CIDCA cuenta con laboratorios y planta piloto que están dotados del equipamiento y material adecuado que permitieron el normal desarrollo del proyecto.

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

Se utilizaron 3 frutas de diferentes características físico químicas y estructurales: peras de la variedad Packham's Triumph, kiwis de la variedad Hayward y melones de la variedad Honey Dew, compradas en la ciudad de La Plata, Argentina, usando como criterio de selección: nivel de maduración, intensidad de color, tamaño y forma similares, con el fin de obtener muestras relativamente homogéneas en cada tipo de fruta.

2.1.2 Agente deshidratante

Se utilizó sacarosa comercial (Ledema, Buenos Aires, Argentina) para la preparación de las soluciones hipertónicas. Las concentraciones de sacarosa fueron de 40 y 60°Brix.

2.2 Métodos

2.2.1 Deshidratación osmótica

Las muestras para cada tiempo de deshidratación consistieron en las siguientes frutas: peras: 5 rodajas de 1 cm de espesor, kiwis: 6 rodajas de 1 cm de espesor y melones: 20 esferas de 2,6 cm de diámetro.

Las frutas fueron seleccionadas y lavadas en agua corriente para remoción de suciedad superficial. Luego fueron peladas manualmente y cortadas, acorde a cada geometría. Las muestras fueron pesadas y colocadas en vasos de precipitado con la solución hipertónica a 30 °C, realizando ensayos en ambas concentraciones. La relación muestra:solución utilizada fue de 1:10 (p/p) para garantizar una concentración de solutos prácticamente constante durante todo el proceso.

Los ensayos de deshidratación osmótica fueron realizados en un baño termostático, marca FERCA, modelo TT 400 con agitación lineal (110 ciclos por minuto), durante 72 horas con extracción de muestras en tiempos sucesivos correspondientes a: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 24 y 72 horas de proceso. Luego del tiempo de inmersión requerido, las muestras fueron drenadas, colocadas sobre papel absorbente para remoción de solución en exceso y pesadas nuevamente para la determinación de pérdida de peso en relación a la masa inicial del producto.

2.2.2 Congelación

Luego del proceso de deshidratación osmótica, las muestras fueron congeladas por duplicado en un congelador convectivo de bandejas con flujo de aire horizontal (-35 °C aproximadamente en el evaporador). El progreso de la congelación fue monitoreado a través de mediciones de temperaturas con termocuplas de cobre-constantan situadas horizontalmente, hasta alcanzar una temperatura en el producto de -18°C.

2.2.3 Exudado

Para evaluar el efecto del pretratamiento osmótico sobre el exudado, se colocaron piezas de fruta congeladas sobre un papel absorbente dentro de recipientes herméticos. Tanto el producto congelado como el papel fueron previamente pesados. Luego se dejó descongelar en un ambiente a 20 °C, hasta pesada constante (aproximadamente 2 horas).

Pasado este período, se pesó nuevamente el papel y se calculó el exudado en base seca acorde a la siguiente ecuación 1:

$$\text{Ex (\%)} = \frac{W_t - W_0}{W_m * TS} * 100 \quad (1)$$

Donde: W_0 = peso del papel absorbente seco (g); W_t = peso del papel absorbente a tiempo t (g); W_m = peso de la muestra (g); TS = fracción de sólidos totales de la muestra.

2.2.4 Color

Las coordenadas cromáticas fueron medidas en un colorímetro Minolta R-300, donde se determinó el color de cada muestra deshidratada y luego descongelada comparando cada corrida con la muestra fresca como referencia.

Con el fin de cuantificar los cambios globales de color, se calculó la diferencia de color total, ΔE^* , en las muestras deshidratadas y descongeladas con respecto a las frescas de referencia, quedando definida mediante la expresión 2:

$$(2) \quad \Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}}$$

(3) Los valores de diferencias correspondientes a ΔL^* , Δa^* y Δb^* fueron obtenidos acorde a las siguientes expresiones:

$$\Delta L^* = L^*_t - L^*_0 \quad \Delta a^* = a^*_t - a^*_0 \quad \Delta b^* = b^*_t - b^*_0$$

Donde el subíndice t representa el valor de L^* , a^* y b^* de la muestra a cada tiempo de deshidratación y 0 de la muestra fresca tomada como referencia.

2.2.5 Textura

Las mediciones de textura fueron realizadas empleando un texturómetro Universal Testing Machine, modelo TATX2i, marca Stable Micro Systems. Se realizó un ensayo de compresión uniaxial a altas deformaciones de la muestra, utilizando una celda de compresión de 50 kg, una sonda metálica con plato de compresión de 75 mm de diámetro, a una velocidad de compresión de 0,5 mm/s y hasta 40% de deformación de la muestra.

En este caso la primera discontinuidad en el gráfico Fuerza vs. Tiempo fue tomada para caracterizar la resistencia mecánica de las muestras.

3. Resultados y discusión

2.2 Estudio de los parámetros de calidad

2.2.1 Determinación de color

Los resultados de las mediciones de color (L^* , a^* , b^* y ΔE) se exhiben en las Figuras 1, 2 y 3.

La evaluación de la influencia de este parámetro sobre el proceso de la deshidratación, y posterior congelación-descongelación, es analizada en cada fruta a continuación para cada tiempo de inmersión y en ambas concentraciones de solución hipertónica.

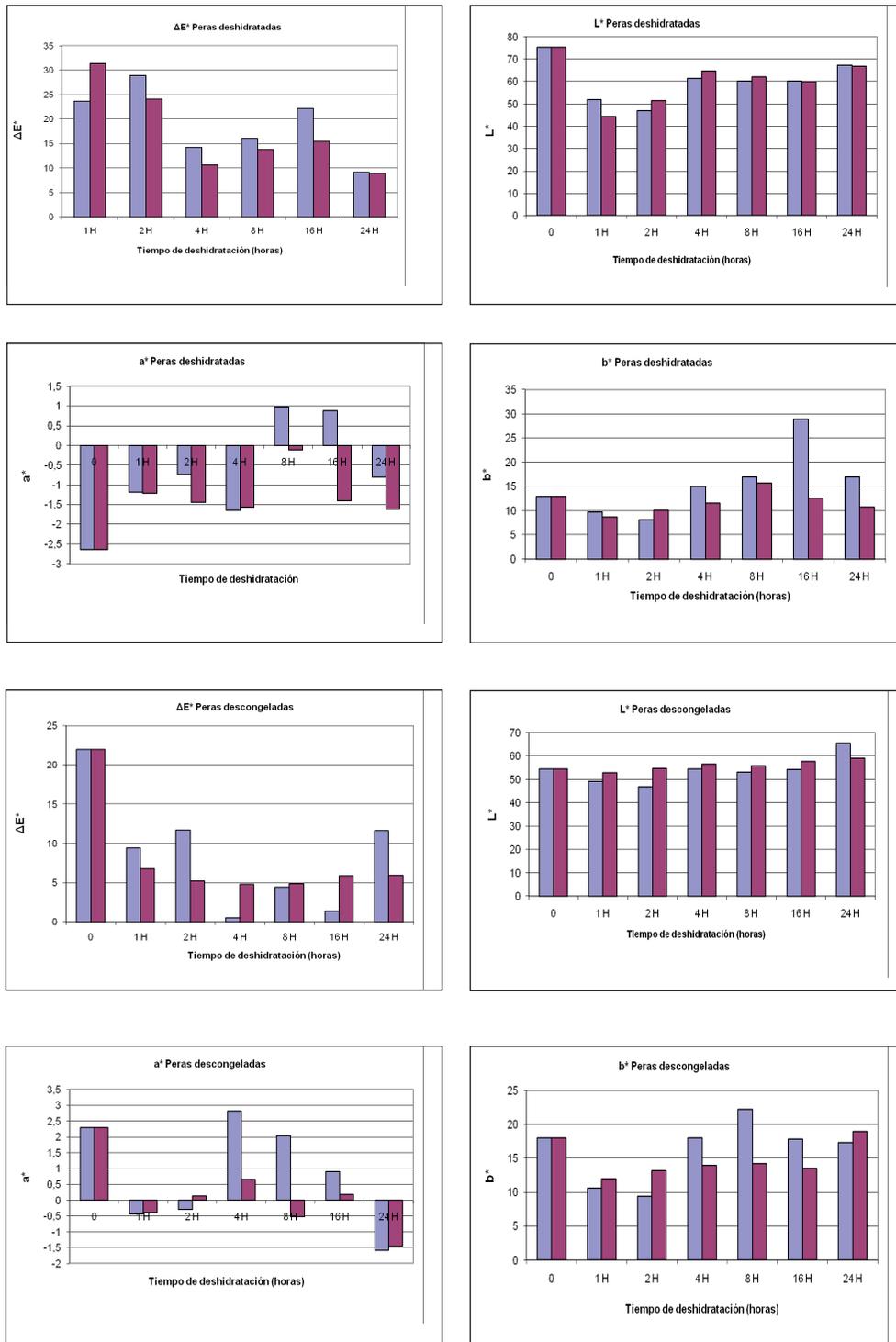


Figura 1. Parámetros de color $L^*a^*b^*$ determinados sobre discos de pera deshidratados y congelados-descongelados con soluciones de sacarosa 40 (color fucsia) y 60°Brix (color celeste)

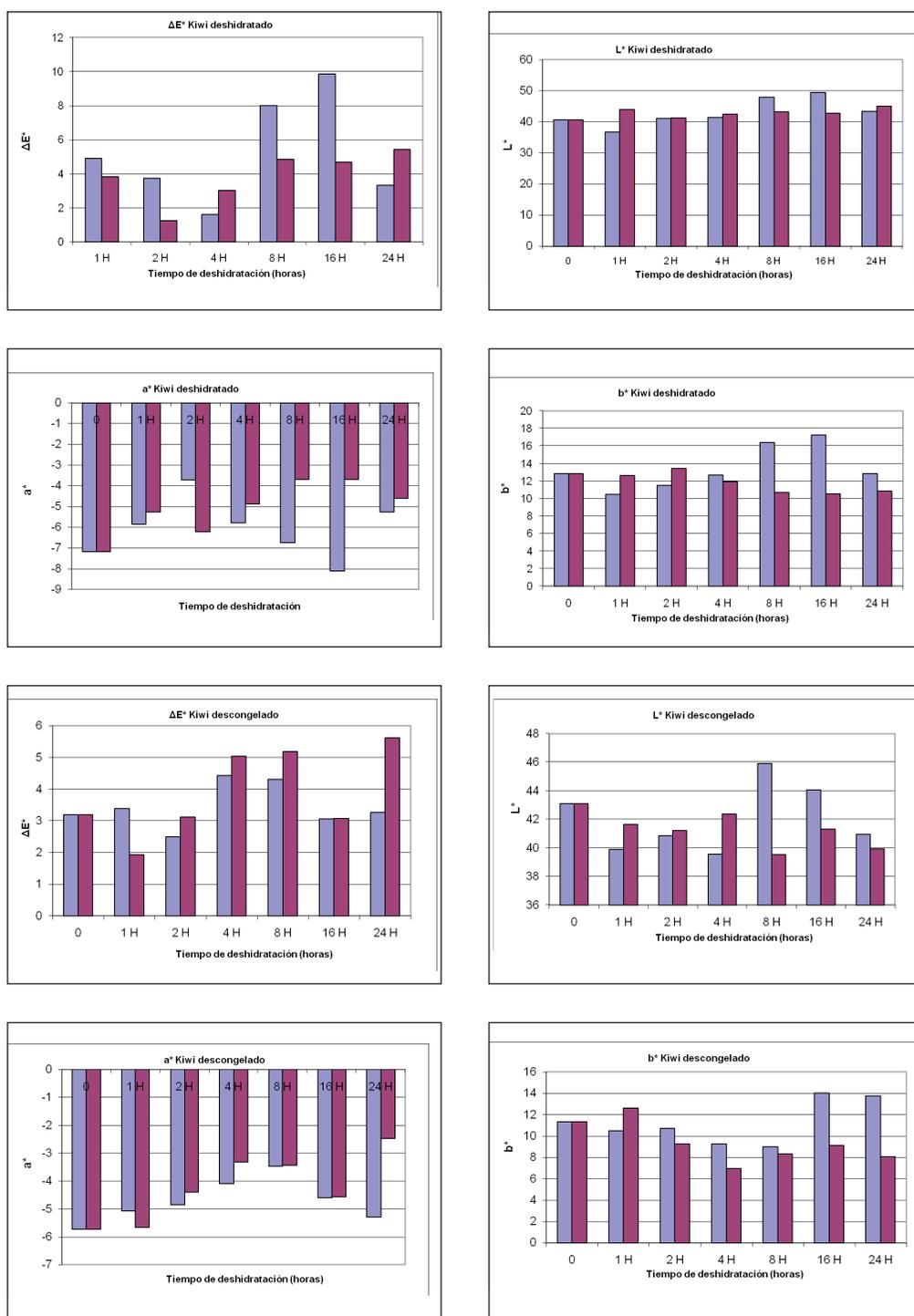


Figura 2. Parámetros de color $L^*a^*b^*$ determinados sobre discos de kiwi deshidratados y congelados-descongelados con soluciones de sacarosa de 40 (color fucsia) y 60°Brix (color celeste)

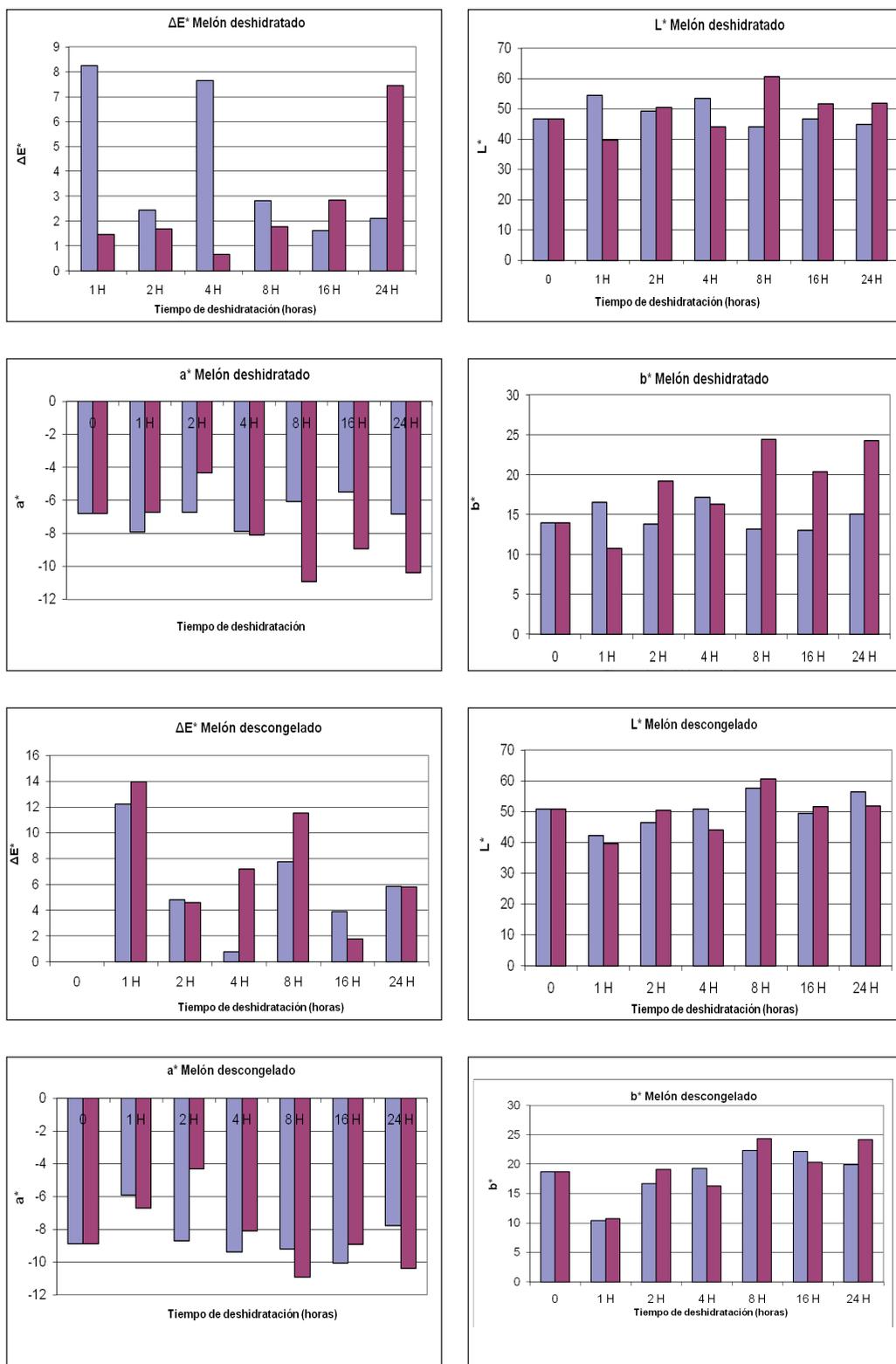


Figura 3. Parámetros de color $L^*a^*b^*$ determinados sobre esferas de melón deshidratadas y congeladas-descongeladas con soluciones de sacarosa de 40 (color fucsia) y 60°Brix (color celeste).

En cuanto a la variación del color total de la *pera* (Figura 1), no se observan cambios significativos durante el proceso osmótico en ambas concentraciones con respecto a la muestra fresca sin deshidratar. Si bien durante la etapa de deshidratación osmótica se induce una pérdida de luminosidad, L^* , es independiente del tiempo de deshidratación. Respecto de los parámetros a^* y b^* no se observan grandes cambios.

Se considera que la conservación de la calidad en el color de las peras deshidratadas se debió a las condiciones poco desnaturalizantes con las que se trabajó (temperaturas moderadas de 30 °C) y al efecto protector del soluto (sacarosa) que limita las reacciones de oxidación al evitar el contacto de la fruta con el oxígeno e inactiva las enzimas responsables del pardeamiento enzimático (Marani y col., 2001; Krokida y Maroulis, 2000)

La muestra fresca, congelada y posteriormente descongelada, revela una disminución significativa en el parámetro L^* y un aumento en b^* , indicando un importante amarroamiento, respecto de la muestra fresca deshidratada. Respecto a las muestras deshidratadas, congeladas y descongeladas, no existen diferencias significativas en cuanto a la variación del color total en las 2 concentraciones estudiadas, siendo mucho más similares al color inicial de la *pera* fresca que en la muestra sin deshidratar.

En cuanto a las mediciones de color en el *kiwi*, no se encontraron cambios significativos en la coloración de las muestras deshidratadas con respecto a las frescas, en ambas concentraciones, tal como lo exhibe la Figura 2. Pequeñas variaciones en los parámetros L^* y b^* se observaron a tiempos largos de inmersión (tenué oscurecimiento de la fruta), viéndose reflejado en la diferencia de color total (ΔE). Un comportamiento similar fue reportado en trabajos efectuados por diversos autores: Talens y col., 2002 y Forni y col., 1990 ambos en *kiwis* dehidrocongelados.

El color verde esmeralda, característico del *kiwi*, se debe principalmente a la presencia de clorofila. Además esta fruta se caracteriza por tener altos niveles de ácido ascórbico y bajos niveles de taninos y polifenoles, y actividad relativamente baja de polifenoloxidasas. Esta combinación es la causante de la ausencia de oxidación, no siendo el pardeamiento enzimático una limitante en este caso particular. La principal causa de deterioro para el *kiwi*, podría atribuirse a la degradación de la clorofila en feofitina (pigmento café claro), lo cual podría ser el fundamento del cambio de coloración (Hohlberg y Aguilera, 1988).

Luego de la congelación-descongelación, los datos de las experiencias revelaron una pequeña disminución del parámetro L^* respecto a las muestras deshidratadas.

En la Figura 3 se indican los resultados de las mediciones realizadas en *melón* para las muestras deshidratadas a 40 y a 60°Brix. En cuanto a la variación del color total, no se observan cambios significativos durante el proceso osmótico en ambas concentraciones para cada tiempo estipulado. El cambio de color total es superior en el *melón* deshidratado a 40°Brix que a 60°Brix, indicando la marcada influencia de la concentración de la solución sobre el color de las muestras deshidratadas.

Respecto de los parámetros a^* y b^* , no se observan diferencias significativas en las muestras deshidratadas, excepto un leve aumento en ambos para tiempos largos de deshidratación especialmente para las soluciones de 40°Brix, confirmando lo anteriormente expresado. Las principales causas de la degradación del color en el *melón* durante tratamientos de secado, se atribuyen al pardeamiento no enzimático y a la pérdida de licopeno (Falade y col. 2007).

En cuanto a las muestras de *melón* descongeladas, las mismas no exhiben cambios importantes de los parámetros L^* , a^* y b^* con respecto a las muestras deshidratadas, indicando que la congelación y posterior descongelación no afectó de manera significativa el color de las muestras en ambas concentraciones.

Maestrelli y col. (2001), realizaron experiencias con 2 variedades de melón, donde comprobaron que el color no fue afectado durante el almacenamiento a -20°C en ambos tipos de cultivo.

2.2.2 Ensayo de textura

Los resultados del ensayo de textura de las muestras frescas, deshidratadas y descongeladas, se muestran en las Figuras 4, 5 y 6.

En los gráficos siguientes, los valores de textura obtenidos durante el proceso de deshidratación y posterior congelación-descongelación (muestra deshidratada y descongelada: F), fueron normalizados con los correspondientes al blanco en cada fruta (muestra fresca: F_0).

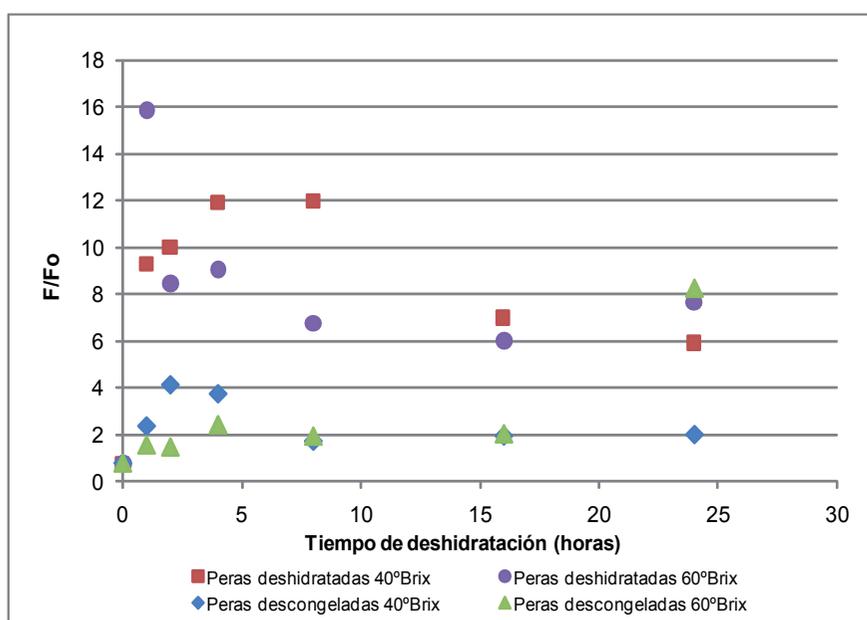


Figura 4. Ensayo de textura en discos de pera deshidratados y descongelados tratados con soluciones de sacarosa de 40 y 60°Brix, normalizado con los correspondientes valores de la muestra fresca

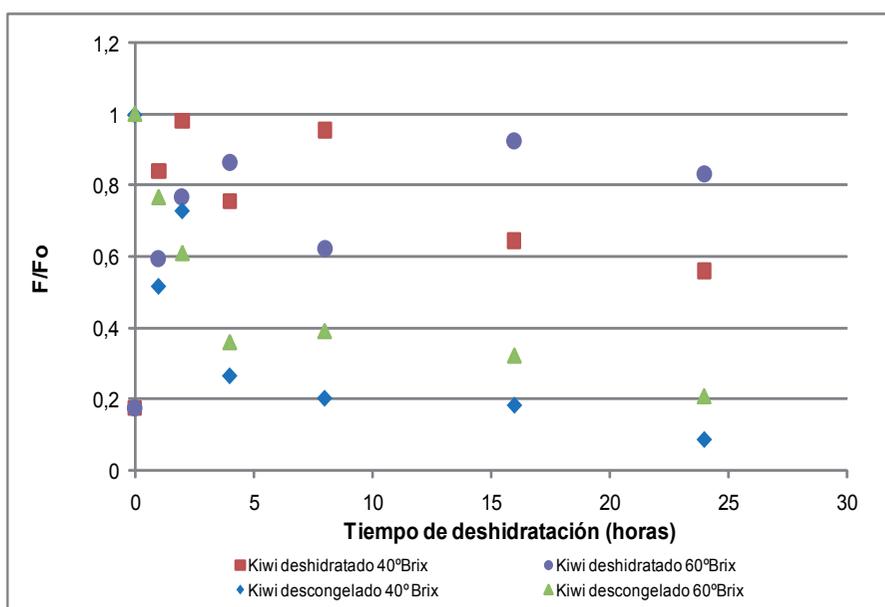


Figura 5. Ensayo de textura en discos de kiwi deshidratados y descongelaos tratados con soluciones de sacarosa de 40 y 60°Brix, normalizado con los correspondientes valores de la muestra fresca

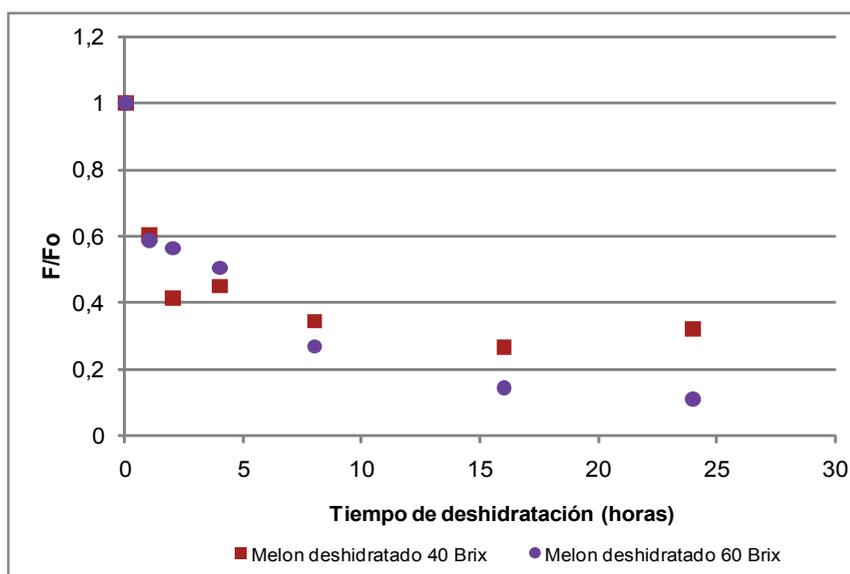


Figura 6. Ensayo de textura en esferas de melón deshidratadas tratadas con soluciones de sacarosa de 40 y 60°Brix, normalizado con los correspondientes valores de la muestra fresca

En la Figura 4 se exhiben los resultados de las mediciones de textura en las muestras de peras en estado fresco, deshidratadas y posteriormente congeladas-descongelaas. Se observa que el proceso de deshidratación aumenta fuertemente la firmeza de las rodajas de pera en las primeras horas, siendo más marcada en la solución más concentrada (60°Brix), luego decrece y se mantiene en un rango estable.

La congelación y posterior descongelación significa un ablandamiento importante. No obstante, las muestras previamente deshidratadas tienen una firmeza del orden del doble que las sin deshidratar en ambas concentraciones.

Comportamientos similares fueron reportados por Marani y col. (2007), donde la deshidratación previa con solución de sacarosa realizada en peras afectó la textura de las muestras, las que presentaron un rápido y progresivo descenso en la fuerza de penetración con el tiempo de inmersión.

Las mediciones de textura de las rodajas de kiwi fresca, deshidratadas y posteriormente congeladas-descongeladas se muestran en la Figura 5.

Para tiempos cortos de procesamiento, las muestras deshidratadas a 60 °Bx fueron las que presentaron mayor firmeza, que luego disminuyeron su valor con el tiempo.

Luego de la congelación y descongelación, se observó una firmeza extremadamente baja en los discos de kiwi en largos períodos de tratamiento, en ambas concentraciones.

Además hubo una diferencia notable de casi el 15% entre ambas concentraciones, siendo la de 40 °Bx la que presentó mayor firmeza para cada tiempo de tratamiento, comparada con la muestra de 60 °Bx.

Este resultado concuerda con el obtenido por Robbers y col. (1997), pudiéndose atribuir a la formación de cristales durante la congelación, los que dañarían la pared celular.

En la Figura 6 se representaron las mediciones correspondientes a las muestras de melón deshidratadas solamente, debido a que se hizo difícil obtener resultados comparables de las muestras congeladas y luego descongeladas debido a la pérdida de firmeza sufrida por dichas muestras (se desintegraron por completo).

Se observó que el proceso de deshidratación osmótica influyó de manera significativa sobre la textura del melón deshidratado, observándose una disminución continua de la firmeza con el tiempo de DO, siendo más marcada a tiempos largos para la solución más concentrada (60°Brix).

Los datos correspondientes al proceso de congelación-descongelación en melón no se pudieron medir ya que se hizo difícil obtener resultados comparables de textura debido a la pérdida de firmeza sufrida por las muestras (aspecto blando y gomoso). Este comportamiento podría ser ocasionado por el elevado contenido acuoso y a la formación de cristales durante la congelación que dañan la pared celular, causando así una plasticidad en la estructura de la fruta (Robbers y col., 1997) sumada a la pérdida de textura ya sufrida en el proceso de DO.

2.2.3 Determinación de exudado

En las siguientes Figuras 7, 8 y 9 se presentan los resultados de las experiencias de exudado, obtenidas durante la descongelación en las tres frutas estudiadas en ambas concentraciones de 40 y 60°Brix.

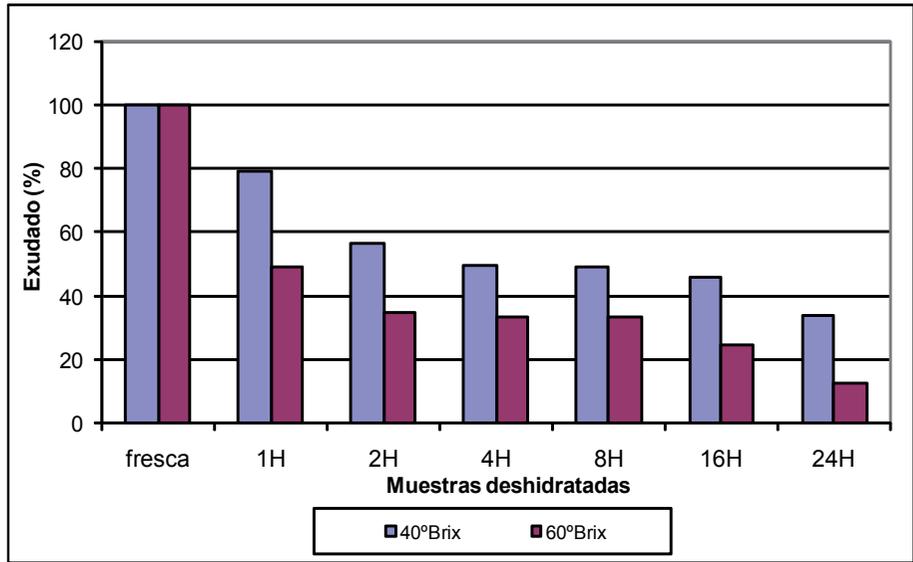


Figura 7. Exudado durante la descongelación de discos de pera frescos y tratados con soluciones de sacarosa a 40 y 60°Brix.

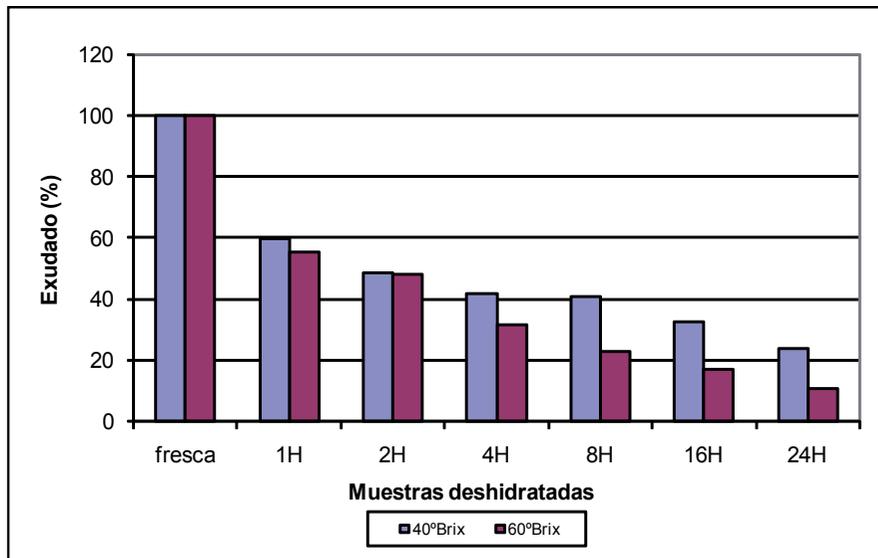


Figura 8. Exudado durante la descongelación de discos de kiwi frescos y tratados con soluciones de sacarosa a 40 y 60°Brix.

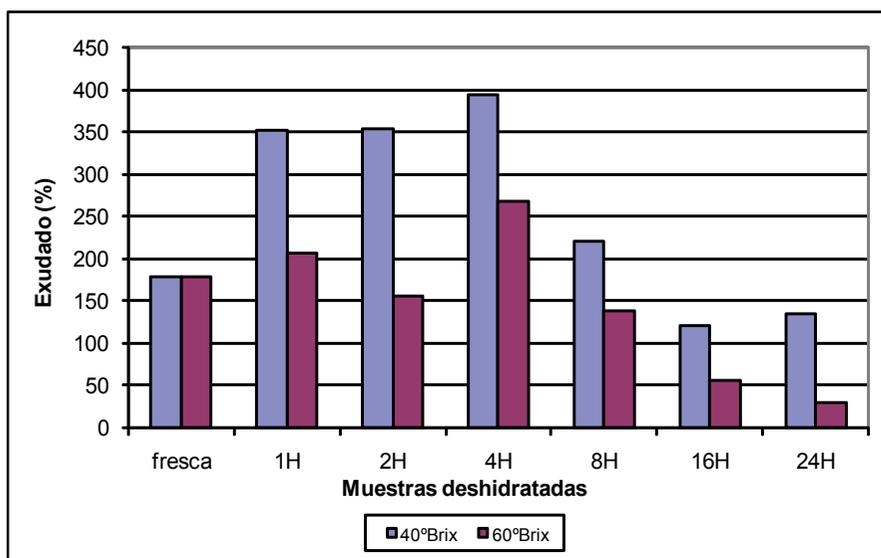


Figura 9. Exudado durante la descongelación de esferas de melón frescas y tratadas con soluciones de sacarosa a 40 y 60°Brix.

La Figura 7 reporta los resultados de las pruebas de exudado durante la descongelación de peras sometidas a deshidratación y una posterior congelación, tomando como parámetro de referencia la muestra de pera fresca sin deshidratarse. En la gráfica se observa una tendencia decreciente de exudado a medida que el tiempo de deshidratación aumenta, en las dos condiciones estudiadas. Los valores inferiores corresponden a la concentración de 60°Brix, debido a que la fruta presenta un mayor contenido de sólidos y menor contenido de agua a iguales tiempos de deshidratación, ocasionando menos daño en la pared celular durante la congelación y mayor capacidad de reabsorción.

En la Figura 8 se presentan los resultados de las experiencias de exudado, obtenidos durante la descongelación de rodajas de kiwi tratadas osmóticamente y luego congeladas. En el gráfico, los discos de kiwi exhibieron un constante descenso del exudado en función del tiempo de deshidratación, siendo levemente superior para las muestras de 40 °Bx, consecuencia de un mayor contenido de agua en dichas muestras.

Ambos tipos de frutas, pera y kiwi, presentan el mismo comportamiento, observándose un descenso progresivo del exudado en función del tiempo de deshidratación osmótica. Cortos tiempos de pretratamiento (durante las 4 primeras horas de inmersión) arrojaron valores inferiores al 50% respecto de la muestra fresca (referencia).

Esto podría ocurrir por la elevada deshidratación que se produjo en ambas concentraciones al inicio del proceso, que condujo a un menor contenido de agua y a una disminución en el daño celular durante la etapa de congelación.

Garrote y Bertone, (1989) estudiaron mitades de frutillas deshidratadas en diferentes soluciones de glicerol, glucosa y sacarosa, las cuales presentaron menor exudado comparadas con aquellas muestras sin deshidratar. El mismo comportamiento fue reportado por Spiazzi y col. (1998) en piezas de melón, las que presentaron menor exudado a medida que el tiempo de deshidratación aumentaba.

En el caso del melón representado en la Figura 9 y considerando las mediciones de textura anteriores, en donde la estructura de la fruta está totalmente dañada para tiempos lar-

gos de inmersión, aquí se observó el mismo comportamiento. Se determinó un aumento en la cantidad de exudado en las muestras de melón deshidratadas a partir de 1 hora, aumentando la cantidad de exudado hasta las 4 horas de deshidratación, respecto de las muestras frescas, siendo más notorio en el caso de las muestras deshidratadas a 40°Brix.

Este resultado parece contradecir las expectativas del efecto crioprotector del azúcar (Nunes y col., 1996; Talens y col., 2002), pero dicho comportamiento podría explicarse en base al perfil de soluto y de humedad generado durante el proceso osmótico. Durante el período de descongelación, la elevada concentración de azúcar en la superficie de la fruta puede provocar la migración de agua desde el interior, donde la concentración de soluto ha permanecido prácticamente constante.

Similar comportamiento fue reportado por Marani y col. (2007) durante la descongelación de frutillas previamente sometidas a deshidratación osmótica; Akbaba e Icier (1998) donde encontraron que la cantidad de exudado de frutillas envasadas cubiertas con azúcar cristalino fue mayor que en frutillas frescas y Ramallo y Mascheroni, (2009) para el caso de la descongelación de ananás.

En este caso particular, es mucho más notable la diferencia de exudado en ambas concentraciones, siendo mayor para las muestras deshidratadas con soluciones de 40°Bx.

4. Conclusiones

El estudio de los *parámetros de calidad*, como el *color*, la *textura* y el *exudado al descongelar*, manifestaron comportamientos que no pueden ser generalizados, indicando la influencia de la matriz alimentaria utilizada. La posibilidad de utilizar principalmente peras y kiwis dehidrocongelados es bastante amplia. Un descenso continuo del exudado con el tiempo de inmersión (producto de la pérdida de agua durante las primeras horas de pretratamiento), el efecto protector de la solución sobre el producto que limita las reacciones de pardeamiento y pequeñas variaciones en la textura respecto a las muestras frescas, hacen que el uso de estas frutas sea recomendable. Respecto al melón, si bien los resultados indicaron un descenso en la calidad de esta fruta (siendo los factores limitantes la textura y exudado), no demostraría ser una limitación para su uso, lo que podría destinarse al consumo de un producto congelado tal como un postre helado. El empleo en este tipo de productos cuenta además con la ventaja extra que representa la incorporación de sólidos en la fruta desde la solución osmótica, disminuyendo su punto de congelación.

5. Agradecimientos

Los integrantes del proyecto agradecen a CONICET; ANPCyT y en especial a UCEL por el apoyo económico.

Además los investigadores agradecen particularmente al CIDCA por haber permitido utilizar el equipamiento y el espacio físico para realizar todas las experiencias; al Ing. Ramiro Arballo y a la Bioq. Ruth Bambicha por transmitirnos sus conocimientos y enseñanza, su predisposición y gentileza; al Ing. Luis Roche por su colaboración durante la realización de las congelaciones.

Recibido: 21/04/10. Aceptado: 16/06/10

BIBLIOGRAFÍA

- Agnelli, M.E.; Marani, C.M.; and Mascheroni, R.H., Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. *Journal of Food Engineering*, 2005, Vol. 69, 415-424.
- Akbaba, H.; Icier, F. Effect of sugar treatments on freezing of strawberries. Proceedings of Advances in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain Commissions B2, C2 & D1-3. Sofia, Bulgaria. International Institute of Refrigeration, 1998, Vol. 6: 570-577.
- Alzamora, S.M.; Gerschenson, L.N.; Vidales, S.; Nieto, A. 1997. Structural changes in the minimal processing of fruits: Some effects of blanching and sugar impregnation. En: P. Fito, E. Ortega-Rodríguez y G. V. Barbosa-Cánovas (Ed.). *Food engineering*. New York, Chapman & Hall, 2000, pp. 117-140.
- Falade, K.O.; Igbeka, J.C.; Ayanwuyi, F. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 2007, Vol. 80, pp. 979-985.
- Forni, E.; Torreggiani, D.; Crivelli, G.; Maestrelli, A.; Bertolo, G.; and Santelli, F., Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. In *International Symposium of kiwifruit. Acta Horticulturae*, Padova.1990, Vol. 282, pp. 425-433.
- Garrote, R. L.; Bertone, R. A., Osmotic concentration at low temperature of frozen strawberry halves. Effect of glycerol, glucose and sucrose solutions on exudate loss during thawing. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 1989, Vol 22, pp. 264-267.
- Hohlberg A.; Aguilera J. M. *Deshidratación de Kiwis. Informe Final, DICTUC*, Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1988.
- Krokida M; Maroulis Z. Quality changes during drying of foods materials. In: *Drying Technology in Agricultural and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. Ed. Science Publishers, Endfield, 2000, pp 61-106.
- Maestrelli, L.; Lo Scalzo, D.; Lupi, D.; Bertolo, G.; Torreggiani, D. Partial removal of water before freezing : cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, CV *reticulatus* Naud.). *Journal of Food Engineering*, 2001, Vol. 49, pp. 255-260.
- Marani, C.M.; Agnelli, M.E. ; Mascheroni, R.H., Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*, 2007, Vol. 79, 1122-1130.
- Marani, C.M.; Agnelli, M.E.; Mascheroni, R.H., Mass transfer and quality evaluation of osmo-frozen pears. VI Congreso Iberoamericano de aire acondicionado y refrigeración, CIAR. 2001. pp 597-604.
- Monzini A.; Maltini E. *Nuovi orientamenti sulla trasformazione degli ortofrutticoli. Deidrocongelazione e trattamento osmotico*. Industria Conserve, 1986, Vol. 61, 265-272.
- Nunes, M.H.; Miguel, M.H.; Kieckbusch, T.G. Influencia dos solutos na conservacao de fatias de manga no processo combinado desidratacao osmotica e congelamento. Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas (VI ENCIT) e VI Congresso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia (LATCYM 96), Florianópolis-SC, Brasil, 1996, Vol. I, 647-650.
- Ramallo, L.A.; Mascheroni, R.H. Efecto de la congelación sobre la calidad de ananá osmo-deshidratado. *Actas del III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 2009, Córdoba, Argentina, (en prensa).
- Robbers, M.; Singh, R.P.; Cunha, L.M., Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. *Journal of Food Science*, 1997, 62(5), 1039-1047.
- Spiazzi, E.; Mascheroni, R. Mass transfer model for osmotic dehydration of foods and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 1997, Vol. 34, 387-410.
- Spiazzi, E.; Raggio Z.; Bignone K.; Mascheroni R., Experiments in dehydrofreezing of fruits and vegetables: mass transfer and quality factors. *IIR proceedings Series "Refrigeration Science and Technology"*, Sofia, Bulgaria, 1998.
- Talens P.; Martínez Navarrete N.; Fito, P.; Chiralt, A. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2001. 3, 191-199.
- Talens, P.; Martínez-Navarrete, N.; Fito, P.; Chiralt, A. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwifruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2002, 3(2), 191-199.
- Torreggiani D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International* 1995, Vol. 26, pp. 59-6.