

Ajuste de tiempos de inmersión en técnicas combinadas de deshidratado de duraznos

URFALINO, D.P.¹

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló una técnica combinada de deshidratado osmótico-convectivo para duraznos. El objetivo fue ajustar los tiempos de inmersión en las soluciones de sacarosa empleadas para generar un proceso de fácil adopción y económico que brinde productos de alta calidad que mantengan dichas características durante todo su período de almacenaje. Para ello, se realizó una primera inmersión de los duraznos pelados en mitades en una solución de metabisulfito de sodio al 5% durante tres minutos y, posteriormente, se colocaron en una solución de sacarosa a 55° Brix variando los tiempos de inmersión (T1: 24 horas; T2: 12 horas; T3: 6 horas y T4: 0 horas). Transcurridos dichos intervalos de tiempo, los duraznos se escurrieron, se enjuagaron y se deshidrataron a 55° C hasta 20% de humedad final en un horno eléctrico. Cada tratamiento se realizó por duplicado. Durante la realización de los ensayos se determinó peso y volumen, antes y después de la etapa de deshidratado osmótico (DO) y de la etapa de deshidratado convectivo. Una vez obtenido el producto final se evaluó color y dióxido de azufre residual cada tres meses por un plazo total de 10 meses. Los resultados reflejaron que los tratamientos que tuvieron mayores tiempos de inmersión en la solución hipertónica presentaron mayor volumen y rendimiento en el producto final, los cuales fueron directamente proporcionales al tiempo de inmersión. Por otro lado, los tratamientos que tuvieron la etapa de DO presentaron un contenido de sulfitos considerablemente menor en el producto final, respecto al testigo y una menor degradación del color a través del tiempo. El tratamiento 1 se destacó por presentar la mayor estabilidad del parámetro de color L* (el cual refleja la luminosidad) durante los 10 meses de almacenaje evaluados.

Palabras clave: deshidratado combinado (osmótico-convectivo), color, dióxido de azufre residual, fruta deshidratada, soluciones de sacarosa.

ABSTRACT

The present paper develops a combined technique of osmotic-convective dehydration for peaches. The main objective was to adjust times of immersion in sucrose solutions employed to generate an easy and economic process to produce high quality products that keep those characteristics during the entire period of storage. Peaches in halves were immersed in a solution of 5% sodium metabisulfite for 3 minutes, and were

¹INTA EEA Rama Caída, El Vivero S/N Rama Caída San Rafael Mendoza. E-mail: urfalino.delia@inta.gov.ar

later placed in a solution of sucrose at 55 °Brix varying times of immersion (T1: 24 hours; T2: 12 hours; T3: 6 hours and T4: 0 hours). After those time intervals peaches were rapidly washed and dried at 55 °C up to 20% of final humidity in an electric furnace. Each treatment was performed in duplicate. During trials weight and volume were determined, before and after the stage of osmotic dehydration (OD) and before and after the stage of convective dehydration. Colour and residual sulphur dioxide in the final product were measured every 3 months for a total period of 10 months. The results show that treatments with longer immersion times in hypertonic solutions had better volume and performance, which were directly proportional to immersion time. On the other hand, treatments with the stage of OD presented a sulphites content considerably lower in the final product and a lower degradation of colour over time. Treatment 1 stood out for presenting the highest stability of the colour L* parameter (which reflects the luminosity) during the 10 months of storage.

Keywords: combined dehydration (osmotic-convective), colour, residual sulphur dioxide, dehydrated fruit, sucrose solutions.

INTRODUCCIÓN

El proceso de deshidratado es uno de los métodos de conservación más importantes en la industria alimenticia. Su principal objetivo es inactivar enzimas, microorganismos deteriorantes y reducir la actividad del agua por deshidratación. Sin embargo, durante el procesado, los alimentos están expuestos a temperaturas que pueden generar efectos adversos en la calidad tales como el deterioro del color (Lozano e Ibarz, 1997; Avila y Silva, 1999; Ibarz *et al.*, 1999).

Con el propósito de obtener un color que satisfaga las expectativas del consumidor, se utilizan distintos agentes conservadores para evitar la degradación del mismo durante el procesado, restaurar la apariencia inicial o reforzar el color.

En el deshidratado de duraznos, se utilizan el dióxido de azufre y otros compuestos derivados de éste como preservantes del color, siendo su principal función la prevención del pardeamiento enzimático y no-enzimático. Los sulfitos se encuentran entre los inhibidores más efectivos de la polifenoloxidasas, ya que presenta gran poder antimicrobiano y disminuye la contaminación microbiana. Sin embargo, a pesar de sus efectos benéficos su uso ha sido limitado debido a que se ha comprobado que hay personas con sensibilidad a estos compuestos, quienes pueden padecer broncoespasmos al ingerir productos que contengan dióxido de azufre residual (FDA, 1990; Sapers, 1993). Además, estos compuestos presentan otros efectos indeseados como la reducción en la asimilación de la vitamina B₁, dolores de cabeza crónicos y alteraciones en la memoria. El Código Alimentario Argentino ha establecido un máximo permitido de 1.000 ppm de dióxido de azufre (SO₂) residual total en el producto final (Artículo 919 del CAA).

La reducción o sustitución de los sulfitos en los alimentos no es sencilla, debido a que genera cambios indeseables en las propiedades sensoriales de los mismos, sobre todo en color y sabor. En fruta deshidratada estos cambios se acentúan durante el periodo de almacenamiento, el cual puede llegar a extenderse hasta 10 o 12 meses.

La deshidratación osmótica (DO) es considerada como una etapa importante, previa al deshidratado convectivo, debido a que genera una menor pérdida de nutrientes y mejora la calidad final del producto (Mandala *et al.*, 2005; Tonon *et al.*, 2007). Este proceso se lleva a cabo sumergiendo las frutas enteras o en trozos en soluciones concentradas de sustancias compatibles con el material a tratar, estableciendo dos flujos en contra corriente (agua y soluto), los cuales se detienen al alcanzar el equilibrio en el sistema (Osorio *et al.*, 2007; Torregani y Bertolo, 2001; Sereño *et al.*, 2001). La selección del agente osmótico depende de su costo, de su masa molecular y de las características sensoriales del producto a deshidratar.

La DO con soluciones azucaradas se utiliza en la preservación de frutas debido a que reduce el pardeamiento, aumenta la retención de aromas volátiles, refuerza el sabor dulce y aumenta la concentración de sólidos en los alimentos (Osorio *et al.*, 2007; Urfalino y Quiroga, 2011). Estudios previos, realizados en duraznos en mitades, han demostrado que la combinación del deshidratado osmótico (con sacarosa) con el secado convectivo presenta ventajas respecto al secado convectivo tradicional, logrando un producto con un contenido significativamente menor de sulfitos, excelente color y mejores características organolépticas que los productos tradicionales (Urfalino y Quiroga, 2011).

Existen varios factores (temperatura, agitación, condiciones de vacío, etcétera) que ejercen una influencia sobre los fenómenos de transferencia de masa en el proceso de DO (Huayame y Cornejo, 2005). Sin embargo, en este trabajo de investigación la solución deshidratante se utiliza en condiciones de temperatura ambiente y no se utiliza agitación ni vacío. Esto se debe a que la intención es generar un proceso económico y de fácil adopción por parte de productores que desecan en tendedores parte de su producción, e industriales locales, que deshidratan en hornos la fruta generada en sus fincas y/o comprada a productores. El presente trabajo tuvo por objetivo ajustar los tiempos de inmersión en las soluciones de sacarosa empleadas, con el fin de obtener productos de alta calidad organoléptica, que

se destaquen por su color final y por su inocuidad, y que mantengan dichas características durante todo el período de almacenaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y preparación de material vegetal

Los ensayos se realizaron con duraznos de la variedad Carson, los cuales se recolectaron en la Estación Experimental Rama Caída del INTA (San Rafael, Mendoza, Argentina). El material se seleccionó por la ausencia de defectos, considerando uniformidad de color y tamaño. Se realizaron cuatro tratamientos con muestras de 23 frutos cada uno.

Los duraznos se lavaron con agua potable, se pelaron con soda cáustica al 2,5%, se enjuagaron, se cortaron al medio con cuchillo y se descrozaron, obteniéndose 46 mitades por tratamiento.

Tratamientos

Cada uno de los cuatro tratamientos (diferentes tiempos de inmersión en solución hipertónica de sacarosa) se realizó con 46 mitades de duraznos divididas en 4 grupos (A, B, C y D) con 6, 10, 10 y 20 unidades cada uno, respectivamente². Los diferentes grupos se colocaron en bolsitas de red de polietileno de alta densidad de distintos colores.

En los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4) se realizó la inmersión del durazno durante tres minutos en 10 litros de solución de metabisulfito de sodio al 5%, en agua potable de red, en baldes plásticos de 20 litros de capacidad. Luego de escurridos, se sometieron al deshidratado osmótico sumergiéndolos en solución de sacarosa (azúcar común de mesa y agua potable de red) a 55° Brix (verificado con refractómetro), manteniendo para cada tratamiento diferente tiempo de inmersión (T1: 24 horas, T2: 12 horas, T3: 6 horas y T4: 0 horas). Ambas soluciones fueron preparadas y utilizadas a temperatura ambiente. Transcurridos los intervalos de tiempo, los duraznos se escurrieron, se enjuagaron con agua potable y se colocaron en bandejas en horno deshidratador eléctrico (con flujo de aire a través), continuando el proceso de deshidratado convectivo a temperatura constante de 55° C hasta alcanzar una actividad acuosa (a_w) final de $0,68 \pm 0,02$ (a 23 ± 1 °C).

Cada tratamiento se hizo por duplicado y se realizaron las siguientes determinaciones por grupo:

A: peso y volumen, antes y después de la etapa de deshidratado osmótico (DO) y luego de la etapa de deshidratado convectivo.

B: a_w en el producto final.

C: color en el producto final cada tres meses por un plazo total de 10 meses con el objetivo de evaluar vida útil.

D: SO₂ residual cada tres meses por un plazo total de 10 meses con el objetivo de evaluar vida útil.

Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente en bolsas plásticas negras de 50 micrones en un recinto oscuro. Las condiciones de almacenamiento escogidas simulan las condiciones habituales de acopio de los productores locales.

Peso y volumen

El peso de las muestras extraídas se determinó por pesada en balanza Acculab Vicon (precisión $\pm 0,001$ g).

Para determinar el volumen de las muestras se enrasó en 500 ml, con agua destilada, una probeta IVA de 1.000 ml graduada y calibrada, se colocó la muestra y se estimó el volumen de la misma calculando la diferencia volumétrica generada por desplazamiento.

Ambas determinaciones se realizaron en un ambiente con temperatura estable de 23 ± 1 ° C.

Actividad acuosa (a_w)

La actividad acuosa se determinó con un equipo ROTRONIC HYGROPALM. Las muestras se cortaron en trozos de aproximadamente 1 cm³, y se colocaron en cápsulas plásticas PS-40 durante 1 hora, luego se colocaron en el equipo medidor y se leyó con el programa "a_w quick" (error $\pm 0,005$ a_w).

El equipo y las cápsulas se manipularon dentro de una caja de acrílico, especialmente diseñada para ese fin, la cual se hallaba en un ambiente con temperatura estable (23 ± 1 °C) libre de corrientes de aire.

Color

El color se evaluó por reflectancia utilizando un colorímetro (Kónica-Minolta CR400). Las determinaciones se realizaron en un ambiente con temperatura estable (20° C). El instrumento se calibró con un plato cerámico de color blanco. Se utilizó el iluminante C, con el espacio de color CIE L*a*b*. La escala de color CIE L*a*b* es una escala uniforme en la que el espacio de color está organizado en forma de cubo. El valor máximo de L* es 100, que representa una perfecta reflectancia difusa, el valor mínimo es 0, el cual representa el negro. Los valores de a* y b*, no

²La división de las 46 mitades de cada tratamiento en 4 grupos obedece a que los análisis de control a efectuar requieren el seguimiento individual de las unidades durante el proceso de elaboración y almacenamiento, y el número diferente de unidades se debe a que algunas determinaciones son destructivas.

tienen un límite numérico específico. Cuando el valor de a^* es positivo representa el color rojo y cuando es negativo el verde. Cuando b^* es positivo representa amarillo y cuando es negativo azul. En cada unidad de la muestra se tomaron tres lecturas, variando la posición del cabezal aleatoriamente sobre la superficie externa del medallón.

SO₂ residual

Las muestras se analizaron de acuerdo al método oficial de la AOAC (2006) 990.28 Monier Williams optimizado.

Se colocaron 30 ml de agua oxigenada 10 volúmenes, 3 gotas de rojo de metilo y 3 gotas de hidróxido de sodio 0,1 N en probeta de 100 ml. Se vertieron 400 ml de agua destilada en balón de tres bocas. Se armó el conjunto y se realizó un barrido con nitrógeno gaseoso a través de 500 ml de carbonato de sodio al 10%, durante 5 minutos. Se añadieron al balón 20 g de muestra y 90 ml de ácido clorhídrico 4 N, se tapó y se hizo hervir el conjunto 1 hora 45 minutos en corriente de N₂. Se lavó la probeta y el refrigerante recogiendo el agua de lavado en matraz y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N. La concentración de SO₂, en ppm, se calculó según la ecuación:

$$\text{SO}_2 \text{ ppm} = V * 32,03 * 1000 / G$$

Siendo:

V = ml de hidróxido de sodio utilizado.

G = peso de muestra, en gramos.

32,03 = peso miliequivalente del SO₂

1000 = factor de conversión de miliequivalentes a microequivalentes.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el software Stat-Graphics Centurión XV versión 15.214 (1982-2007). Se realizaron análisis de varianza para evaluar diferencias estadísticas entre las medias de las 4 variables (nivel de confianza 95,0%) y se realizaron Pruebas de Rangos Múltiples para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras (nivel de confianza 95,0%), a través del procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso y volumen

Las reducciones de peso y de volumen luego de la etapa de DO presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Se observó que los tratamientos que tuvieron la etapa de DO manifestaron un menor porcentaje de reducción en el volumen del producto final, lo cual fue inversamente proporcional al tiempo de inmersión en la solución hipertónica (tabla 1). La reducción del volumen del producto final con respecto al durazno fresco pelado, expresada en porcentajes promedio por tratamiento, fue del 67,12 ± 4,88% en T1; 73,04 ± 4,30% en T2; 78,46 ± 0,42% en T3 y 82,20 ± 3,11% en T4.

Por otro lado, los tratamientos con la etapa de DO también manifestaron una menor reducción en el peso final del producto respecto al tratamiento sin la etapa de D.O (tabla 2). La reducción del peso expresada en porcentajes promedio fue del 76,69 ± 1,05% en T1; 76,08 ± 0,69% en T2; 76,74 ± 0,20% en T3 y 82,67 ± 1,21% en T4. Mientras

Trat.	Etapa	Repetición 1		Repetición 2		Promedios
		Volumen (ml)	Red. total de Vol. (%)	Volumen (ml)	Red. total de Vol. (%)	
1	DO	300	33,33	350	30,86	32,10 ± 1,75 B
		200		242		
2	DO	350	17,14	347	20,17	18,66 ± 2,14 A
		290		277		
3	DO	348	20,11	306	11,11	15,61 ± 6,37 A
		278		272		
1	DC	300	63,67	350	70,57	67,12 ± 4,88 A
		109		103		
2	DC	350	70,00	347	76,08	73,04 ± 4,30 AB
		105		83		
3	DC	348	78,16	306	78,76	78,46 ± 0,42 B
		76		65		
4	DC	300	80,00	327	84,40	82,20 ± 3,11 B
		60		51		

Letras distintas en la misma columna y etapa denotan diferencias estadísticamente significativas (p menor a 0,05).

Tabla 1. Porcentajes promedio de reducción de volumen luego de la etapa del deshidratado osmótico (DO) y luego del deshidratado convectivo (DC).

Trat.	Etapa	Repetición 1			Repetición 2			Promedios	
		Peso (g)	Red. Peso (%)	Rend.	Peso (g)	Red. Peso (%)	Rend.	Red. total de Peso (%)	Rend.
1	DO	320,00	28,13		350,00	28,57		28,35 ± 0,32 B	
		230,00			250,00				
2	DO	350,00	14,29		340,00	12,35			
		300,00			298,00				
3	DO	340,00	9,12		320,00	4,38		6,75 ± 3,35 A	
		309,00			306,00				
1	DC	320,00	75,94	4,16	350,00	77,43	4,43		
		77,00			79,00				
2	DC	350,00	76,57	4,27	340,00	75,59	4,10	76,08 ± 0,69 A	4,18 ± 0,12 A
		82,00			83,00				
3	DC	340,00	76,60	4,27	320,00	76,88	4,32	76,74 ± 0,20 A	4,30 ± 0,04 A
		79,56			74,00				
4	DC	330,00	81,82	5,50	340,00	83,53	6,07	82,67 ± 1,21 B	5,79 ± 0,40 B
		60			56,00				

Letras distintas en la misma columna y etapa denotan diferencias estadísticamente significativas (p menor a 0,05).

Tabla 2. Porcentajes promedio de reducción de peso luego de la etapa del deshidratado osmótico (DO) y luego del deshidratado convectivo (DC)

que los rendimientos (entendidos como kilos de mitades frescas por kilo de producto deshidratado obtenido) fueron de $4,29 \pm 0,19$ en T1; $4,18 \pm 0,12$ en T2; $4,30 \pm 0,04$ en T3 y $5,79 \pm 0,40$ en T4.

Puede inferirse que esta menor pérdida de volumen y mayor rendimiento expresa la ganancia de solutos (azúcares) presentes en la solución hipertónica, admitiendo una mayor retención de humedad pero logrando valores de a_w que no permiten el desarrollo microbiano.

Actividad acuosa (a_w)

Las actividades acuosas determinadas en los productos finales no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los valores hallados fueron T1: $0,678 \pm 0,01$; T2: $0,67 \pm 0,018$; T3: $0,68 \pm 0,015$ y T4: $0,675 \pm 0,01$.

Color

Los cuatro tratamientos realizados presentaron valores de L^* , a^* , y b^* iniciales que indican alta calidad en duraznos deshidratados (tabla 3). Sin embargo, estos resultados variaron a lo largo del periodo de almacenaje según el tratamiento realizado.

En el caso de duraznos deshidratados, el color naranja luminoso acompañado por un aroma adecuado son indicadores de alta calidad. Por ello, el parámetro L^* es destacado como el de mayor importancia a la hora de mantenerse inal-

terado durante el almacenaje. En los tratamientos T2, T3 y T4 se pudo observar un descenso sostenido del parámetro L^* en el tiempo, el cual es inversamente proporcional al tiempo de inmersión en la solución hipertónica (más tiempo de inmersión menor degradación de L^*). Esta degradación se vio acentuada, principalmente, en los primeros cuatro meses de almacenaje, en donde alcanzó valores inferiores a 60 en los 3 casos. Por otro lado, en T1 los valores de L^* se mantuvieron por arriba de 60 hasta el mes 10, inclusive (figura 1).

En la figura 2, puede observarse que los valores de a^* son inversamente proporcionales al tiempo de inmersión en la solución hipertónica (a más tiempo de inmersión menor valor de a^*). Esto pone de manifiesto un color rojo más intenso en los tratamientos que no incorporaron o que incorporaron muy poca sacarosa, con respecto a los que tuvieron un mayor tiempo de DO. Sin embargo, esto no presenta una característica inadecuada para ninguno de los tratamientos dentro de los valores que tomó este parámetro a lo largo de los tiempos ensayados.

El parámetro b^* evolucionó de forma muy similar en los cuatro tratamientos analizados (figura 3). Los valores que tomó este parámetro a lo largo de los tiempos ensayados fueron acordes a las exigencias de calidad deseadas.

SO₂ residual

El contenido residual en partes por millón (ppm) de SO₂, hallado en los cuatro tratamientos, fue inferior a las 1.000 ppm permitidas por el Código Alimentario Argentino, desde el mes 1 (T1: $455,11 \pm 35,2$; T2: $286,59 \pm 46,12$; T3: $238,25$

Mes	Tratamiento	L*	a*	b*
1	T1	63,6 ± 1,1 B	13,1 ± 0,5 A	66,3 ± 5,2 AB
1	T2	60 ± 0,04 AB	15,9 ± 0,4 B	62,2 ± 4,8 AB
1	T3	56,7 ± 1,4 A	16,1 ± 0,2 B	59,1 ± 2,5 A
1	T4	61,7 ± 3,9 AB	18,7 ± 1,6 C	71,5 ± 4,8 B
4	T1	62,1 ± 0,6 B	12,8 ± 1,7 A	54,6 ± 4,6 AB
4	T2	56,7 ± 1,1 A	15,5 ± 2 B	51 ± 6,3 A
4	T3	51,9 ± 2,4 A	16,1 ± 0,1 B	48,1 ± 5,6 A
4	T4	54,8 ± 2,8 A	19,5 ± 1,1 C	60,2 ± 3,7 B
7	T1	61,1 ± 0,7 B	13,1 ± 2 A	50,4 ± 4,7 AB
7	T2	56,2 ± 2,8 A	14,8 ± 2,2 B	47,5 ± 6,9 A
7	T3	51,5 ± 2,2 A	15,2 ± 1 B	46 ± 5 A
7	T4	53 ± 3,6 A	18,7 ± 0,8 C	58,1 ± 4,6 B
10	T1	63 ± 0,8 B	11,8 ± 1,7 A	48,6 ± 8,4 AB
10	T2	56,2 ± 2,8 A	14,2 ± 1,9 B	46,5 ± 5,4 AB
10	T3	52,2 ± 1,4 A	15,1 ± 0,9 B	43,9 ± 4,7 A
10	T4	53,6 ± 3,2 A	18,3 ± 0,6 C	57 ± 6 B

Letras distintas en la misma columna y mes denotan diferencias estadísticamente significativas (p menor a 0,05).

Tabla 3. Evolución del color en el tiempo.

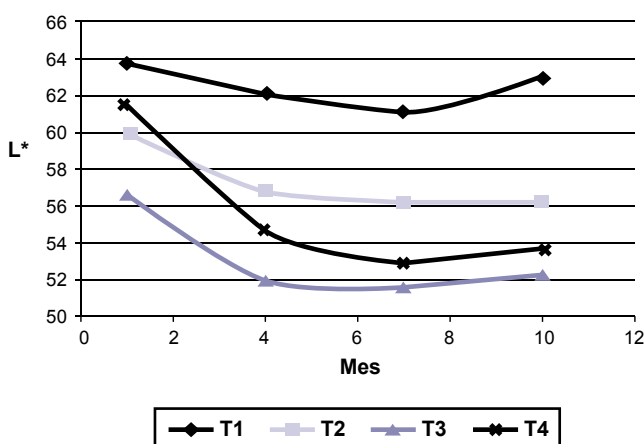


Figura 1. Evolución de L* en el tiempo.

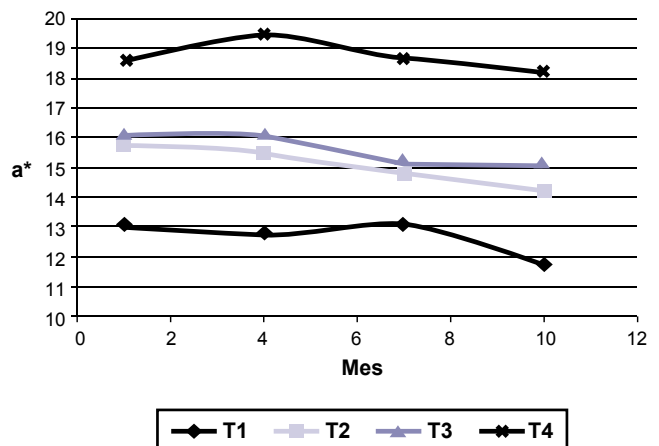


Figura 2. Evolución de a* en el tiempo.

± 113,12 y T4: 825,8 ± 70,99 ppm de SO₂) al mes 10 (T1: 280 ± 56,57; T2: 64 ± 90,51; T3: 64 ± 67,88 y T4: 544 ± 203,65 ppm de SO₂) (tabla 4).

En los valores hallados se pueden observar valores incongruentes de incertidumbres en las concentraciones de (SO₂). A nivel industrial y de laboratorio, es sabido que este método genera un error elevado. Sin embargo, en la actualidad, sigue siendo el método utilizado a nivel internacional para la comercialización de frutas deshidratadas, debido a que los otros métodos analíticos simples de detección presentan errores aún mayores en estas matrices alimentarias.

El tratamiento T4 (tratamiento sin la etapa DO) fue el que presentó el mayor contenido de SO₂. Los tratamientos con menores tiempos de inmersión en la solución hipertónica presentaron menores tenores de SO₂ residual. Éstas variaciones son atribuibles al flujo de metabisulfito de sodio libre y reversiblemente unido desde el producto hacia la solución de sacarosa y viceversa, cuanto mayor es el tiempo de inmersión se tiende a alcanzar un equilibrio en los fenómenos de difusión. Así en T1 el contenido de SO₂ residual fue de, aproximadamente, la mitad que en el T4, pero mayor que en T2 y T3. Sería aconsejable, en ensayos futuros, realizar determinaciones del contenido de

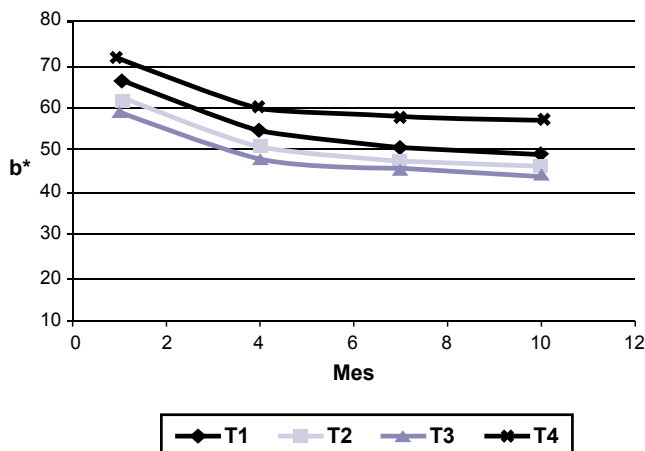


Figura 3. Evolución de b* en el tiempo.

SO₂ en la solución hipertónica luego de cada tratamiento, para evaluar cuánto anhídrido sulfuroso queda retenido por intercambios osmóticos en dicho almíbar.

Por otro lado las variaciones al cabo de 10 meses de almacenamiento se deben, fundamentalmente, a la pérdida del dióxido de azufre (SO₂) libre.

Mes	Tratamiento	SO ₂
mes 1	T1	455,1 ± 35,2 B
	T2	286,6 ± 46,1 AB
	T3	238,3 ± 111,3 A
	T4	825,8 ± 71 C
mes 4	T1	320,0 ± 67,9 A
	T2	152,0 ± 79,2 A
	T3	120,0 ± 56,6 A
	T4	744,0 ± 147,1 B
mes 7	T1	312,0 ± 33,9 A
	T2	104,0 ± 33,9 A
	T3	104,0 ± 11,3 A
	T4	680,0 ± 237,6 B
mes 10	T1	280 ± 56,6 AB
	T2	64 ± 90,5 A
	T3	64 ± 67,9 A
	T4	544 ± 203,6 B

Letras distintas en la misma columna y mes denotan diferencias estadísticamente significativas (p menor a 0,05).

Tabla 4. Evolución del contenido de SO₂ residual en el tiempo según el tratamiento realizado.

CONCLUSIONES

Los resultados reflejaron que los tratamientos que tuvieron la etapa de deshidratado osmótico manifestaron una

menor pérdida de volumen y mayor rendimiento, lo cual fue directamente proporcional al tiempo de inmersión en la solución hipertónica. Puede inferirse que esta menor pérdida de volumen y mayor rendimiento expresa la ganancia de solutos presentes en la solución hipertónica.

Por otro lado, los tratamientos que tuvieron la etapa de deshidratado osmótico presentaron un contenido de dióxido de azufre considerablemente menor en el producto final y, al mismo tiempo, presentaron una menor degradación del color a través del tiempo.

El tratamiento 1, se destacó por presentar un contenido de dióxido de azufre residual, aproximadamente, un 50% por debajo del máximo permitido por el CAA. Además, fue el de mayor estabilidad del parámetro de color L* y presentó mayor volumen final y una menor reducción en el peso final del producto respecto al tratamiento sin la etapa de DO.

En la figura 4, pueden observarse los productos obtenidos mediante los distintos tratamientos en el último mes evaluado.



Figura 4. Productos obtenidos (mes 10).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Andrés Quiroga por su colaboración en la realización de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 2006. In Official methods of Analysis. No. 990.28. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

AVILA, I.M.L.B.; SILVA, C.L.M. 1999. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. Journal of Food Engineering, 39, 161-166.

Código Alimentario Argentino (CAA). Ley 18.284. En: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. (verificado: 21 de noviembre de 2013).

FDA. 1990. Sulfuring agents; revocation of GRAS status for use on "fresh" potatoes served or sold unpackage or unlabeled to consumers. Food and Drug Administration Federal Registration, 55, 9826-9833.

HUAYAME, E.C.; CORNEJO, F. 2005. Influencia de presiones de vacío en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del mango. Revista Tecnológica ESPOL, 18 (1), 141-145.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GARZA, S. 1999. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. Journal of Food Engineering, 39, 415-422.

LOZANO, J.E.; IBARZ, A. 1997. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. Journal of Food Engineering, 31, 365-373.

MANDALA, I.G.; ANAGNOSTARAS, E.F.; OIKONOMOU, C.K. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. Journal of Food Engineering, 69 (3), 307-316.

OSORIO, C.; FRANCO, M. S.; CASTAÑO, M. P.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J.; MORALES, A. L. 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. Innovative Food Science and Emerging Technologies 8(3), 353-359.

SAPERS, G.M. 1993. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means. Food Technology 47(10): 75-84.

SERENO, A.M.; MOREIRA, D.; MARTÍNEZ, E. 2001. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple single and combined aqueous solution of sugar and salts. Journal of Food Engineering, 47, 43-49.

TONON, R.T.; BARONI, A.F.; HUBINGER, M.D. 2007. Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: Influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. Journal of Food Engineering, 82 (4), 509-517.

TORREGIANI, D.; BERTOLO, G. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. Journal of Food Engineering, 49, 247-253.

URFALINO, D.P.; QUIROGA, A. 2011. Desarrollo de técnicas combinadas de secado para la obtención de duraznos deshidratados con bajo contenido de sulfitos. Revista de investigaciones Agropecuarias, 37 (2) 165-171.