



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA ELABORACIÓN DE UN UNTABLE DE FRESA FORMULADO CON ISOMALTULOSA

MASTER EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Alumna: Julia Gascón Pellicer

Directores: M^a Luisa Castelló Gómez

M^a Dolores Ortolá Ortolá

José Tarrazó Morell

Centro: IUIAD

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA ELABORACIÓN DE UN UNTABLE DE FRESA FORMULADO CON ISOMALTULOSA

Gascón, J., Castelló, M.L., Tarrazó, J., Ortolá, M.D.

RESUMEN

El tratamiento térmico tradicional aplicado en la producción clásica de mermelada para concentrar el contenido en azúcar implica un detrimento en muchos de los aspectos cualitativos de este producto. Por otra parte, existe un creciente interés en el consumo de productos más sanos que proporcionen beneficios para el organismo. En este sentido, la isomaltulosa es un azúcar de asimilación lenta en sangre además de no tener efecto cariogénico.

El objetivo de este trabajo es estudiar distintos tratamientos térmicos en la preparación de un nuevo producto untable de fresa, aplicando una deshidratación osmótica hasta alcanzar 30 °Brix. Para ello se aplicaron tres tratamientos: sumergiendo muestras de fresa en un jarabe de 40 °Brix de isomaltulosa durante 24 h (tratamiento A), mezclando las muestras de fruta con el azúcar durante 24 h (tratamiento B), y con el mismo procedimiento que en el tratamiento B pero eliminando la fase líquida (tratamiento C). Además se realizó un estudio térmico cinético para conocer el tiempo necesario que los botes debían calentarse para alcanzar una determinada temperatura en el centro. En concreto los botes de untables de fresa se sometieron a una pasteurización durante 10 y 30 min a 100 °C. Los cambios en composición, color, textura y crecimiento microbiológico fueron analizados. También se llevó a cabo un análisis sensorial. Los resultados revelaron que el tratamiento A conllevó más cambios en el color debido a la pérdida de material colorante en el jarabe. Además el tratamiento C fue el mejor valorado por los panelistas principalmente por su sabor debido a que este producto contenía una mayor cantidad de fruta. Por último los untables desarrollados se mantuvieron estables microbiológicamente.

PALABRAS CLAVE: Fresa, Untable, Isomaltulosa, Tratamiento térmico

ABSTRACT

Traditional thermal treatment applied in the classic jam manufacture to concentrate sugar content involves a detriment in many of the qualitative aspects of this product. Moreover there's a growing interest in eating healthier products that provides benefits to the organism. In this respect, isomaltulose is a sugar with a slow assimilation in blood and it has also a non cariogenic effect.

The aim of this work deals with the study of different thermal conditions in the preparation of a new spreadable strawberry product by applying a previous osmotic dehydration up to reaching 30 °Brix. For it, three treatments were applied: immersing samples of strawberry in a 40 °Brix syrup of isomaltulose during 24 h (treatment A), mixing samples of fruit with the sugar during 24 h (treatment B) and with the same procedure as in treatment B but removing the

liquid phase (treatment C). In addition, we carried out a thermal kinetic study to realize the necessary time that the jars had to warm up to reach a certain temperature in the center. After this procedure, jars were filled with the spreadable strawberry and submitted to a pasteurization during 10 and 30 minutes at 100 °C. Changes in composition, color, texture, and microbiological growth were analyzed. Also a sensory analysis was carried out. The results showed that treatment A carried more changes in color due to the loss of colorant material into the syrup. Besides that, treatment C was the best valued by the panelists mainly because of the flavor due to the fact that this product contained a major fruit quantity. Finally, the spreadable strawberry products kept microbiologically stable.

KEYWORDS: Strawberry, Spreadable, Isomaltulose, Thermal treatment

RESUM

El tractament tèrmic tradicional aplicat en la producció clàssica de melmelada per a concentrar el contingut en sucre implica un detriment en molts dels aspectes qualitius d'aquest producte. Cada vegada més, existeix un creixent interès a menjar productes més sans que proporcionen beneficis per a l'organisme. En aquest sentit, la isomaltulosa es un sucre d'assimilació lenta en sang a part de no tenir cap efecte cariogenic.

L'objectiu d'aquest treball consisteix en l'estudi de diferents tractaments tèrmics en la preparació d'un nou producte untable de maduixa, aplicant una deshidratació osmòtica fins que la fruita arribi a 30 °Brix. Per a això es van aplicar tres tractaments: submergint mostres de maduixa en un xarop de 40°Brix d'isomaltulosa durant 24 h (tractament A), barrejant les mostres de fruita amb el sucre durant 24 h (tractament B), i amb el mateix procediment que en el tractament B però eliminant la fase líquida (tractament C). A més es va realitzar un estudi tèrmic cinètic per a conèixer el temps necessari que els pots havien de calfar-se per a arribar a una determinada temperatura el centre. En concret, els pots d'untables de maduixa es van sotmetre a una pasteurització durant 10 i 30 min a 100 °C. Els canvis en composició, color, teixidura i creixement microbiològic van ser analitzats. També es va portar a terme un anàlisi sensorial. Els resultats van revelar que el tractament A va comportar més canvis en el color a causa de la pèrdua de material colorant en el xarop. A més, el tractament C va ser el millor valorat pels panelistes, principalment pel seu sabor degut al fet que aquest producte contenia una major quantitat de fruita. Finalment els untables de maduixa es van mantenir estables microbiològicament.

PARAULES CLAU: Maduixa, Untable, Isomaltulosa, Tractament tèrmic

INTRODUCCIÓN

Por su elevado valor nutricional, su sabor dulce y muchas otras propiedades, la fruta es un alimento casi necesario en la dieta diaria. Los malos hábitos alimenticios son cada vez mayores en una sociedad donde la comida rápida ha ido sustituyendo poco a poco a la comida sana. Por ello es necesario el estudio de nuevos productos a base de alimentos frescos que satisfagan las necesidades de los consumidores y que además sean productos saludables.

Todos estos nuevos hábitos alimenticios han causado que los casos de obesidad infantil se hayan multiplicado casi por tres en los últimos diez años, de tal manera que el 8,5 % de los españoles de entre 2 y 17 años presenta obesidad y el 18,2 % tiene sobrepeso, según datos presentados por el Ministerio de Sanidad y Consumo (2009). Esta situación ha causado que la demanda de edulcorantes alternativos al azúcar esté creciendo a un ritmo muy elevado, y el mercado muestre cada vez mayor interés por los de origen natural frente a los sintéticos.

La isomaltulosa o palatinosa es un isómero de la sacarosa que está presente en pequeñas cantidades como componente natural de la miel de abeja (Siddiqui y Furgala, 1967; Low y Sporns, 1988; Barez et al., 2000). Este nuevo azúcar puede ayudar a reducir la respuesta glicémica e insulinémica del azúcar en sangre. Tiene solo un tercio del poder edulcorante de la sacarosa, pero un dulzor similar. Se aplica en la producción de alimentos de humedad intermedia, ya que permite su preservación sin el alto dulzor que ocasiona la sacarosa. También se aplican en alimentos para diabéticos y para deportistas por su lenta liberación de glucosa. No provoca caries dentales y es más resistente a la hidrólisis ácida que la sacarosa. Es un azúcar fermentable por bifidobacterias y enterobacterias, desfavoreciendo el desarrollo de microorganismos de la putrefacción con tendencia a causar diarrea, por ello se tolera muy bien en el tracto gastrointestinal (Weidenhagen y Lorenz, 1957).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es urgente llevar a cabo una reducción inmediata del consumo excesivo de azúcares y otros carbohidratos de absorción rápida, así como aumentar la actividad física diaria para frenar la tendencia a la obesidad y a la diabetes del tipo 2. Una absorción rápida del azúcar provoca los picos glucémicos con los que rápidamente el azúcar en exceso puede transformarse en grasa en el organismo (Hawai et al., 1989; Lina et al. 2002).

La producción de los untables de fresa a base de isomaltulosa tiene como objetivo disminuir los picos glicémicos y al mismo tiempo aportar un sabor agradable que sea atractivo para todos los consumidores haciendo hincapié en los diabéticos y deportistas. Además, de esta forma, se puede ampliar las posibilidades de comercialización de la fresa que al tratarse de un producto perecedero y estacional se consume tradicionalmente en fresco o en conservas de larga duración. En este trabajo se desarrolla un producto untable de concentración en sólidos solubles intermedia con un tratamiento térmico no muy drástico. La producción tradicional de mermelada de fresa conlleva un proceso de cocción bastante intenso que hace que muchas de las propiedades nutricionales y organolépticas se pierdan en el proceso. Con el fin de conservar todas las propiedades tanto nutricionales como organolépticas del untable se han probado distintos tratamientos térmicos a modo de pasteurización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para la realización del presente estudio se empleó como materia prima fresa de la variedad Camarosa adquirida en un establecimiento local el mismo día que se iniciaba cada tratamiento. Las fresas fueron cortadas en cubos de aproximadamente 1x1 cm y se lavaron con una disolución de hipoclorito sódico de concentración del 2 % durante 3 minutos. A continuación las muestras se escurrieron durante 3 min y se utilizaron para el tratamiento osmótico correspondiente.

Tratamientos osmóticos

Los tratamientos osmóticos se realizaron tanto en muestras con isomaltulosa como en muestras con sacarosa para establecer diferencias. En todos los casos se adicionaron 500 ppm de sorbato potásico.

En la tabla 1 se indican las condiciones a las que fueron sometidas las muestras de fresa para obtener un producto de 30 °Brix transcurridas 24 horas de tratamiento osmótico.

Tabla 1. Codificación de los tratamientos osmóticos aplicados en la elaboración de untables de fresa en función del azúcar empleado

Código del producto	Tratamientos osmóticos aplicados
AI	Deshidratación osmótica por vía húmeda con una disolución osmótica de 40 °Brix (isomaltulosa y agua). Ratio fruta: disolución 1:2,2
BI y CI	Deshidratación osmótica por vía seca. Ratio fruta: isomaltulosa 1:0,3
AS	Deshidratación osmótica por vía húmeda con una disolución osmótica de 50 °Brix (sacarosa y agua). Ratio fruta: disolución 1:1,1
BS y CS	Deshidratación osmótica vía seca. Ratio fruta: sacarosa 1:0,3

Tras el equilibrio, se prepararon las siguientes formulaciones: en los casos A y C se eliminó parte de la disolución osmótica procedente de la etapa de equilibrado para obtener una mezcla con un 70 % de fruta deshidratada y un 30 % de disolución osmótica. En el caso B, no se eliminó fase líquida.

A continuación a todas las formulaciones se les adicionó 1,5 % (p/p) de pectina de manzana de alto metoxilo. Las formulaciones se envasaron a temperatura ambiente en botes de vidrio de 125 cm³ con tapa metálica y cierre twist-off. Por último los botes fueron sometidos a un pulso de vacío de 50 mbar durante 10 minutos para asegurar el cierre hermético.

Estudio cinético de calentamiento de los botes con untables de fresa

Para conocer el tiempo requerido para alcanzar una determinada temperatura en el punto más frío de los frascos (centro) se llevó a cabo un estudio térmico que permitió obtener la difusividad térmica en cada producto en función del tratamiento osmótico aplicado (A, B y C) así como del azúcar empleado (isomaltulosa o sacarosa). El experimento llevado a cabo consistió en sumergir los botes de untable de fresa en un baño a una temperatura constante de 95 °C. Se recogieron datos de variación de temperatura en el centro de los botes cada minuto durante el tratamiento térmico. Este procedimiento se realizó hasta que los untables alcanzaron una temperatura de 90 °C en el centro. Los datos experimentales se ajustaron a un modelo matemático basado en la segunda ley de Fourier para un cilindro finito, aplicando la Regla de Newman (ecuación 1).

$$\ln\left(\frac{Y_{cf}}{2,040}\right) = -\left(\frac{5,7832}{r_{mci}^2} + \frac{2,4674}{r_{mli}^2}\right) \cdot \alpha \cdot t \quad (1)$$

Donde:

Y_{cf} : es la fuerza impulsora o temperatura reducida

r_{mci} : es la dimensión característica del cilindro semiinfinito, es decir el radio

r_{mli} : es la dimensión característica de la lámina infinita, es decir el semiespesor

α : difusividad térmica (m^2s^{-1})

t: tiempo (s)

El enfriamiento de los botes se realizó de forma paulatina para evitar problemas de rotura de frascos.

Tratamientos térmicos aplicados

Tras realizar el estudio cinético de calentamiento de los untables de fresa contenidos en botes de vidrio se determinaron como tiempos de tratamiento térmico: 0, 10 y 30 minutos.

Determinaciones analíticas

CONTENIDO EN HUMEDAD, °BRIX, pH Y ACTIVIDAD DEL AGUA

El contenido de agua fue determinado según el método 20.013 (AOAC, 2000) para frutas ricas en azúcar. Las muestras fueron colocadas en una estufa a vacío a una presión de 10 mm Hg y a una temperatura de 60 °C y secadas hasta alcanzar peso constante.

Los °Brix se determinaron con un refractómetro termostatado (ABBE ATAGO 3 T) a 20 °C.

Las determinaciones de la a_w se realizaron por lectura directa a 25 °C, empleando un higrómetro de punto de rocío (Decagon, CX-2 AQUALAB).

El pH se determinó directamente sobre la muestra homogeneizada, con un pH-metro “Seven Easy”, con electrodo de contacto.

PROPIEDADES ÓPTICAS

Para el análisis del color se empleó un espectrocolorímetro de la marca Minolta modelo CM-3600d, obteniendo el espectro de reflexión de las muestras. Fue necesaria una calibración previa con un patrón negro y uno blanco. La ventana que se utilizó para la medida fue de 7 mm de diámetro y para cada uno de los tratamientos se realizaron 5 medidas en el lateral del tarro. En la medida se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b utilizando como referencia el observador 10° e iluminante D65. A partir de los valores de L (luminosidad), a* y b*, se calcularon las coordenadas psicométricas tono (h^*_{ab}) (Ecuación 2) y croma (C^*_{ab}) (Ecuación 3):

$$h^*_{ab} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

PROPIEDADES MECÁNICAS

Se realizó un test de Back-extrusion con un émbolo de diámetro 2 cm a una velocidad de avance de 1 mm/s utilizando un analizador de textura TA/XT/PLUS. Los parámetros analizados en el ensayo de punción fueron la distancia (d) en mm recorrida por el émbolo hasta lograr atravesar completamente la muestra y la fuerza máxima ($F_{m\acute{a}x}$) requerida por el émbolo para atravesar completamente la muestra expresada en Newtons. De las curvas obtenidas (Fuerza-tiempo) se analizó el área de la curva que se relacionó con la consistencia del producto.

Estabilidad microbiológica

La determinación de la vida útil, desde el punto de vista microbiológico, de un producto untado de fresa se llevó a cabo de acuerdo a una metodología adaptada del método de análisis microbiológico de alimentos y aguas (FAO, 1981). Se realizó una siembra en profundidad. Para el crecimiento de aerobios mesófilos se utilizó el medio de cultivo Plate Count Agar y para mohos y levaduras Sabouraud Agar. Se tomaron 10 g de muestra sólida y se mezclaron con agua de peptona en una proporción de 9 mL de peptona por gramo de muestra. Dicha mezcla se trituró y homogeneizó en una bolsa stomacher y se realizaron posteriormente diluciones seriadas por duplicado en tubos de ensayo conteniendo 9 mL de agua de peptona para la realización de la siembra en placa. Las placas de aerobios mesófilos se incubaron durante 24-48 horas y las

de mohos y levaduras durante 3-5 días. La temperatura de incubación en ambos casos fue de 31 °C.

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial de ordenación de tres muestras por preferencia o intensidad de un atributo determinado (Normas UNE, 1997) a fin de conocer la percepción de veinte jueces no entrenados sobre los productos untables de fresa desarrollados. Se evaluaron los atributos de apariencia visual, aroma, intensidad de color rojo, preferencia de sabor, sabor dulce, preferencia de textura y valoración global.

Almacenamiento

Los botes con los untables de fresa se almacenaron durante 35 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización composicional de los productos untables obtenidos de acuerdo al tratamiento térmico

En la tabla 2 se presentan los resultados de la composición obtenidos en los distintos untables de fresa en términos de contenido de sólidos solubles y de humedad, así como los valores de actividad de agua y pH. Todos los productos desarrollados alcanzaron alrededor de 30 °Brix y una humedad del 70 %. La actividad de agua se mantuvo del orden de 0,970 y el pH fue de aproximadamente 3,4. En ningún caso se observaron cambios por efecto del tratamiento térmico. Estos resultados serían similares a los encontrados en productos hipocalóricos tipo mermelada.

Tabla 2. Caracterización composicional de los productos untables obtenidos en función al tratamiento térmico

Tratamiento osmótico	Azúcar	Tiempo de tratamiento térmico (min)	°Brix	x_w	a_w	pH
A	Isomaltulosa	0	29,4±0,4	0,72±0,01	0,970±0,002	3,37 ±0,00
		10	28,1±0,8	0,70±0,02	0,970±0,001	3,33 ±0,00
		30	28,4±0,6	0,70±0,02	0,970±0,001	3,34 ±0,01
	Sacarosa	0	29,3±1,8	0,71±0,01	0,960±0,001	3,32 ±0,01
		10	30,9±0,6	0,71±0,01	0,970±0,001	3,37 ±0,01
		30	30,0±0,1	0,710±0,003	0,970±0,001	3,51 ±0,01
B	Isomaltulosa	0	28,7±0,9	0,72±0,01	0,970±0,002	3,4 ±0,0
		10	29,6±0,2	0,69±0,02	0,970 ±0,001	3,41±0,00
		30	28,60 ±0,04	0,72±0,02	0,970±0,002	3,43 ±0,01
	Sacarosa	0	28,1±0,8	0,71±0,01	0,960±0,001	3,34 ±0,01
		10	28,5±0,2	0,71±0,01	0,970±0,001	3,39±0,01
		30	28,2±0,5	0,710±0,002	0,970±0,001	3,34±0,01
C	Isomaltulosa	0	29,8±0,1	0,710±0,004	0,970±0,001	3,45±0,01
		10	29,8±0,6	0,710±0,003	0,970±0,001	3,46±0,01
		30	29,6±0,2	0,710±0,001	0,972±0,001	3,49±0,01
	Sacarosa	0	28,4±0,2	0,710 ±0,004	0,960±0,002	3,29±0,00
		10	28,3±0,4	0,710±0,003	0,960±0,001	3,44±0,01
		30	28,8±0,2	0,710±0,001	0,960±0,001	3,39±0,01

Estudio térmico cinético

En la figura 1 se presenta la evolución de la temperatura en función del tiempo de tratamiento térmico para los distintos untables de fresa formulados con los dos azúcares. En general, no se observaron diferencias entre la evolución de las distintas muestras.

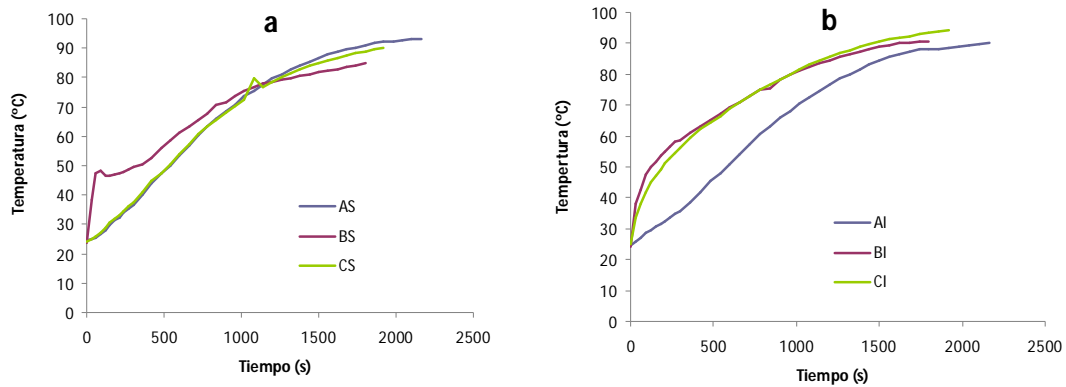


Figura 1. Ejemplos de las curvas de calentamiento de los productos untables formulados con sacarosa (a) y con isomaltulosa (b).

En la figura 2 se presenta el ajuste del modelo matemático empleado para obtener las difusividades efectivas de los untables de fresa. En coherencia con la evolución del calentamiento, no se observaron diferencias entre los tratamientos osmóticos ni con el azúcar utilizado.

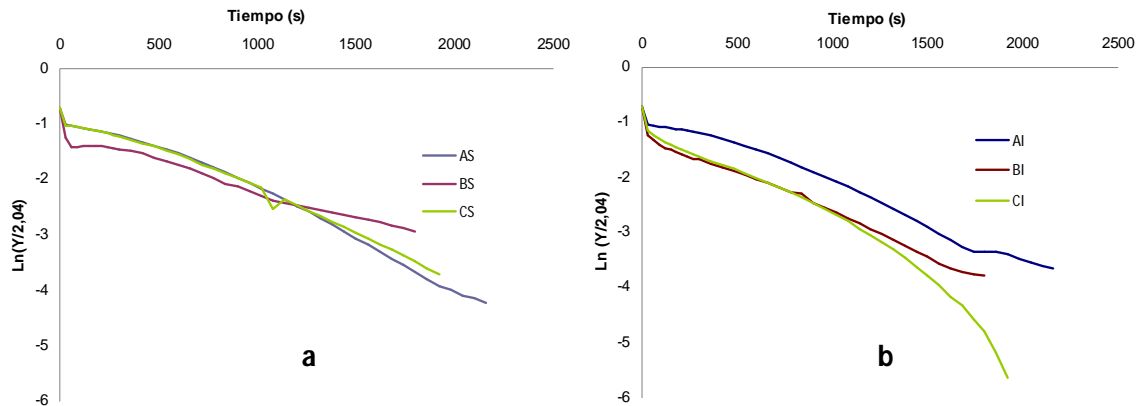


Figura 2. Ejemplos del ajuste del modelo matemático aplicado para obtener las difusividades térmicas efectivas de los untables formulados con sacarosa (a) y con isomaltulosa (b)

Los resultados obtenidos de la difusividad térmica efectiva del untable de fresa se muestran en la tabla 3. No se observaron diferencias significativas debidas al tratamiento osmótico ni al azúcar empleado en la formulación. Con estos valores se puede predecir la temperatura alcanzada en función del tiempo de tratamiento. Concretamente en la tabla 4 se presentan las temperaturas predichas en el centro de los botes de untables de fresa de acuerdo a los valores de difusividades efectivas obtenidas.

Tabla 3. Valores de la difusividad efectiva en función del tratamiento

PRODUCTO	Difusividad efectiva (m ² /s)
AI	$1,4 \times 10^{-7} \pm 2 \times 10^{-8}$
BI	$1,62 \times 10^{-7} \pm 1,3 \times 10^{-8}$
CI	$1,7 \times 10^{-7} \pm 2 \times 10^{-8}$
AS	$1,6 \times 10^{-7} \pm 4 \times 10^{-8}$
BS	$1,4 \times 10^{-7} \pm 2 \times 10^{-8}$
CS	$1,42 \times 10^{-7} \pm 0,9 \times 10^{-8}$

Tabla 4. Temperatura alcanzada en el centro del bote de los distintos untables en función del tiempo de tratamiento térmico.

Producto	Tiempo de tratamiento térmico (min)	Temperatura en el centro del bote (°C)
AI	10	58
BI	10	65
CI	10	67
AS	30	98
BS	30	97
CS	30	97

Efecto de los tratamientos y el almacenamiento en las propiedades ópticas

En las tablas 5 y 6 se presentan los parámetros de color $L^*a^*b^*$, croma y tono iniciales transcurridos 35 días de almacenamiento de los untables de fresa en función del tratamiento osmótico y del tratamiento térmico.

Los resultados mostraron que ni el tratamiento osmótico ni el azúcar utilizado modificaron la luminosidad de las muestras. En los untables con isomaltulosa el tratamiento térmico más prolongado aumentó la luminosidad de las muestras CI. El tiempo de almacenamiento supuso una reducción de la luminosidad en las muestras con sacarosa que correspondería con la aparición de un color más pardo en estos casos. En cambio los untables desarrollados por vía húmeda con isomaltulosa y tratados térmicamente mostraron una mayor luminosidad.

El tratamiento osmótico por vía húmeda dio lugar a valores de la coordenada a^* inferiores al resto de tratamientos osmóticos, sin observarse diferencias ni por el azúcar empleado ni por el tiempo de tratamiento térmico. Por otra parte, el parámetro a^* disminuyó con el tiempo de almacenamiento salvo en los untables BI y CI.

Siguiendo el mismo comportamiento del parámetro a^* , el tratamiento osmótico por vía húmeda (A) supuso valores menores del parámetro b^* , dando como consecuencia valores de pureza de color también inferiores respecto a los otros tratamientos osmóticos independientemente del azúcar empleado. De la misma manera, el tono también se vio reducido.

Tabla 5. Parámetros de color L*a*b* iniciales y transcurridos 35 días de almacenamiento de los untables de fresa en función del tratamiento osmótico y del tratamiento térmico

Tratamiento osmótico	Tiempo de tratamiento térmico (min)	L*		a*		b*	
		t=0	t=35 días	t=0	t=35 días	t=0	t=35 días
AI	0	22±2	13,4±0,8	15,7±1,9	13,1±1,5	5,8±1,8	7±2
	10	13±2	27,1±0,4	23,5±1,2	8±3	12,6±1,6	5,2±1,8
	30	12±2	26,8±0,7	19,9±1,7	12,8±1,5	8,8±1,4	5±2
BI	0	15,±1,0	11,2±1,3	33,1±0,9	25,2±1,3	23,2±1,8	15,2±1,5
	10	16±2	12±3	31,2±1,6	27,1±0,9	24±2	18,2±1,4
	30	17,7±0,8	11±2	30,6±0,7	26,5±1,9	18,5±1,1	15,6±0,9
CI	0	20,9±0,9	11,2±1,0	26,1±1,1	28,5±0,8	13,2±0,3	19,1±1,8
	10	21,6±1,2	12,8±1,9	29,1±0,8	28,4±1,6	16,8±1,0	19,5±0,6
	30	28,8±1,5	9,6±1,6	28,8±0,3	27,7±1,3	16,6±0,6	13,5±1,5
BS	0	20,9±1,1	20±3	32,0±0,6	22±2	22,0±1,1	16±2
	10	26± 3	15,6±1,5	27±2	22,5±0,9	15±3	16,3±0,9
	30	18± 2	14,1±1,6	26±2	25±2	14,5±3,0	18,1±1,2
CS	0	22,3±0,9	16±3	33,5±0,7	26±2	21,2±1,1	18±2
	10	19,8±0,4	14,4±1,2	29,6±1,4	22,9±1,3	17,9±1,6	15,7±1,1
	30	17,7±1,2	11,1±0,9	26,5±1,9	22,4±0,6	14±2	12,5±0,5

Estos resultados serían coherentes con la mayor pérdida de pigmentos de color que tiene lugar en la deshidratación por vía húmeda al producirse un mayor lixiviado de los mismos que en los tratamientos osmóticos por vía seca. En general, se puede concluir que los cambios de color se atribuyen principalmente al tratamiento osmótico con poca repercusión del tratamiento térmico ni del tiempo de almacenamiento considerado.

Tabla 6. Parámetros de color croma (C*) y tono (h*) iniciales y transcurridos 35 días de almacenamiento de los untables de fresa en función del tratamiento osmótico y del tratamiento térmico

Tratamiento osmótico	Tiempo de tratamiento térmico (min)	C*		h*	
		t=0	t=35 días	t=0	t=35 días
AI	0	18,1±0,9	16±2	22,8±1,5	34,5±1,2
	10	26,7±1,8	10±2	28,0±1,9	32,9±1,5
	30	22±2	14±2	24±2	33,6±1,3
BI	0	40,5±1,6	29,4±1,9	34,9±1,6	31,0±1,4
	10	39±3	32,6±0,9	37,2±1,6	33±2
	30	35,8±1,1	31±2	31,1±0,9	30,6±1,6
CI	0	29,2±0,9	34,3±1,1	26,8±0,9	33,8±1,7
	10	33,6±1,2	34,5±1,4	29,9±0,9	34,6±1,5
	30	33,2±0,5	30,8±1,6	29,9±0,8	25,9±1,1
BS	0	38,9±0,5	27±2	34,5±1,7	39,4±0,1
	10	30±4	27,8±1,2	29±2	35,9±0,8
	30	30±4	31±2	29±2	35,5±0,7
CS	0	39,6±1,1	33±2	32,3±0,9	35,3±1,6
	10	35±2	27,8±1,6	31,0±1,3	34,3±0,9
	30	30±2	25,7±0,7	28,6±1,2	29,1±0,4

Efecto de los tratamientos y el almacenamiento en las propiedades mecánicas

En las figuras 3 y 4 se presentan las curvas del ensayo mecánico obtenidas para los untables de fresa desarrollados en este trabajo.

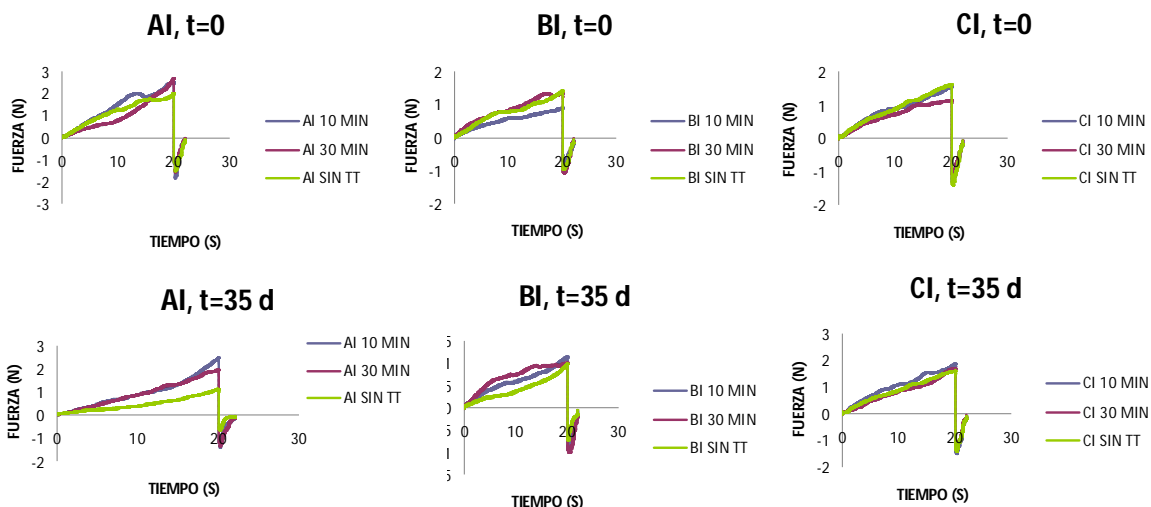


Figura 3. Ejemplos de las curvas del ensayo de back-extrusion en los untables de fresa en función del tratamiento osmótico y el tiempo de tratamiento térmico en los productos formulados con isomaltulosa

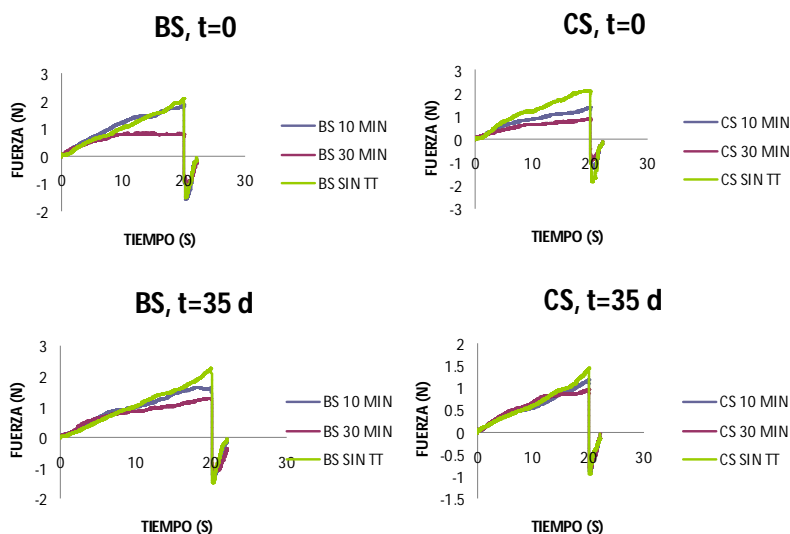


Figura 4. Ejemplos de las curvas del ensayo de back-extrusion en los untables de fresa en función del tratamiento osmótico y el tiempo de tratamiento térmico en los productos formulados con sacarosa

En las tablas 7 y 8 se presentan los valores promedio del área positiva de las curvas del ensayo de back extrusión de los untables de fresa desarrollados. Como puede observarse en la tabla 7 el tratamiento osmótico A (vía húmeda) implicó un valor mayor del área y por tanto de la consistencia de las muestras, mientras que no se observaron grandes diferencias entre los tratamientos B y C (vía seca). En cuanto al tiempo de tratamiento térmico no se encontraron diferencias en la consistencia obtenida. Respecto a las muestras formuladas con sacarosa no se observaron diferencias entre los tratamientos B y C, aunque las muestras tratadas térmicamente durante 30 minutos mostraron una menor consistencia posiblemente como consecuencia del ablandamiento de los

tejidos de la fresa. Tras el almacenamiento, en general se observó una menor consistencia del producto excepto en las muestras CI y BS.

Tabla 7. Resultados del área positiva de las curvas de extrusión con isomaltulosa en función del tratamiento osmótico y del tiempo de tratamiento térmico

Tratamiento osmótico	Tiempo de tratamiento térmico (min)	t=0	t=35 días
AI	0	21±2	9,2±1,8
	10	20± 2	19,6 ±1,5
	30	20,4±0,4	18,3±1,0
BI	0	17±1	8,3 ±1,7
	10	10,4±1,2	11,9 ±0,2
	30	16,6±0,6	14,0±1,4
CI	0	18±1	20,9±0,7
	10	18,7±0,1	22,3±0,7
	30	14,9 ±0,8	17,4±1,3

Tabla 8. Resultados del área positiva de las curvas de extrusión en las muestras formuladas con sacarosa en función del tratamiento osmótico y del tiempo de tratamiento térmico

Tratamiento osmótico	Tiempo de tratamiento térmico (min)	t=0	t=35 días
BS	0	20,5±1,5	20,9±0,9
	10	21,8 ±0,8	24,7±0,9
	30	12,9±1,8	16,2±1,5
CS	0	23,9±2,6	12,9±0,9
	10	16,2±0,7	11,9±0,1
	30	11,3±1,2	12,1±0,6

Efecto de los tratamientos y el almacenamiento en el crecimiento microbiano

En las tablas 9 y 10 se presentan respectivamente los recuentos de aerobios y mohos y levaduras a las 24 h de la preparación del producto y

transcurridos 35 días. La legislación recomendada para confituras, jaleas, marmalade de frutas, crema de castaña y mermelada de frutas se recoge en el RD 863/03 del BOE 5-7-03. En esta reglamentación no se registran normas microbiológicas. Esto podría estar relacionado con las condiciones del propio producto que no favorecen el desarrollo de patógeno tales como *Lysteria monocytogenes* por presentar valores de a_w inferiores a 0,94 y pH inferior a 4,4. Los productos desarrollados en este trabajo presentan valores de a_w ligeramente superiores (tabla 2), aunque los valores de pH están por debajo de 4,4. Además las características de estos productos en cuanto a concentración de sólidos solubles no se ajustan a la definición de mermeladas (mínimo 45 °Brix) o confituras (mínimo 60 °Brix) (R.D. 863/03). En este sentido, el producto desarrollado en este estudio no se ajusta exactamente a las definiciones establecidas para estos productos tradicionales. Por ello se ha considerado conveniente comprobar el crecimiento de mesófilos aerobios y de mohos y levaduras para descartar problemas higiénico-sanitarios.

Los resultados microbiológicos obtenidos dan evidencias de la eficacia del tratamiento térmico aplicado, especialmente cuando éste fue más prolongado, inhibiendo totalmente el crecimiento de colonias. En las muestras no sometidas a tratamiento osmótico en ningún caso se superó 1×10^3 ufc/g. La legislación referente al número máximo de microorganismos permitidos en frutas y hortalizas viene registrada en el BOE 12-1-2001 (RD 3484/2000), y especifica que las comidas preparadas a base de vegetales crudos no superarán 1×10^5 ufc/g y 1×10^6 ufc/g el día de la fabricación además de 1×10^6 - 1×10^7 ufc/g en la fecha de caducidad. De acuerdo a estos valores, los untables de este trabajo cumplirían la normativa vigente en el periodo considerado.

Tabla 9. Recuento de mesófilos aerobios y mohos y levaduras a las 24 h de la preparación del producto

Tratamiento osmótico	Azúcar	Tiempo de tratamiento térmico (min)	MESÓFILOS AEROBIOS		MOHOS Y LEVADURAS	
			PC* 10^{-1} (ufc)	PC 10^{-2} (ufc)	SB** 10^{-1} (ufc)	SB 10^{-2} (ufc)
A	Isomaltulosa	0	200	150	190	100
		10	20	10	0	0
		30	0	0	0	0
	Sacarosa	0	300	20	10	0
		10	20	0	0	0
		30	0	0	0	0
B	Isomaltulosa	0	10	0	0	0
		10	0	0	0	0
		30	0	0	0	0
	Sacarosa	0	200	20	20	0
		10	10	0	0	0
		30	0	0	0	0
C	Isomaltulosa	0	10	0	0	0
		10	10	0	0	0
		30	0	0	0	0
	Sacarosa	0	50	10	5	3
		10	10	0	0	0
		30	0	0	0	0

*PC: medio de cultivo Plate Count para crecimiento de mesófilos aerobios

**SB: medio de cultivo Saboraoud para crecimiento de mohos y levaduras

Tabla 10. Recuento de mesófilos aerobios y mohos y levaduras a los 30 días de la preparación del producto

Tratamiento osmótico	Azúcar	Tiempo de tratamiento térmico (min)	MESÓFILOS AEROBIOS	MOHOS Y LEVADURAS
			PC 10 ⁻¹ (ufc)	SB 10 ⁻¹ (ufc)
A	Isomaltulosa	0	50	2
		10	1	0
		30	0	0
	Sacarosa	0	50	20
		10	30	0
		30	0	0
B	Isomaltulosa	0	50	0
		10	8	0
		30	0	0
	Sacarosa	0	100	50
		10	10	0
		30	0	0
C	Isomaltulosa	0	40	10
		10	20	0
		30	0	0
	Sacarosa	0	60	10
		10	20	0
		30	0	0

Análisis sensorial

En el primer análisis sensorial realizado se evaluó la influencia del tratamiento osmótico en la preferencia de los catadores (Figura 5) Los resultados indicaron que el untable de fresa preparado mediante una deshidratación osmótica por vía seca, eliminando fase líquida (tratamiento C) era el mejor valorado en todos los atributos excepto en términos de dulzor, aunque en este caso las diferencias con los otros untables fueron mínimas. En este sentido los jueces valoran un producto más rico en fruta que en azúcares añadidos. Los untables formulados con deshidratación osmótica por vía húmeda (tratamiento A) fueron peor valorados por los jueces especialmente debido a la pérdida del color rojizo como consecuencia de la lixiviación de los antocianos al jarabe empleado para concentrar las fresas. Además tanto el aroma como la textura tampoco resultaron favorables para los catadores.

UNTABLE DE FRESA

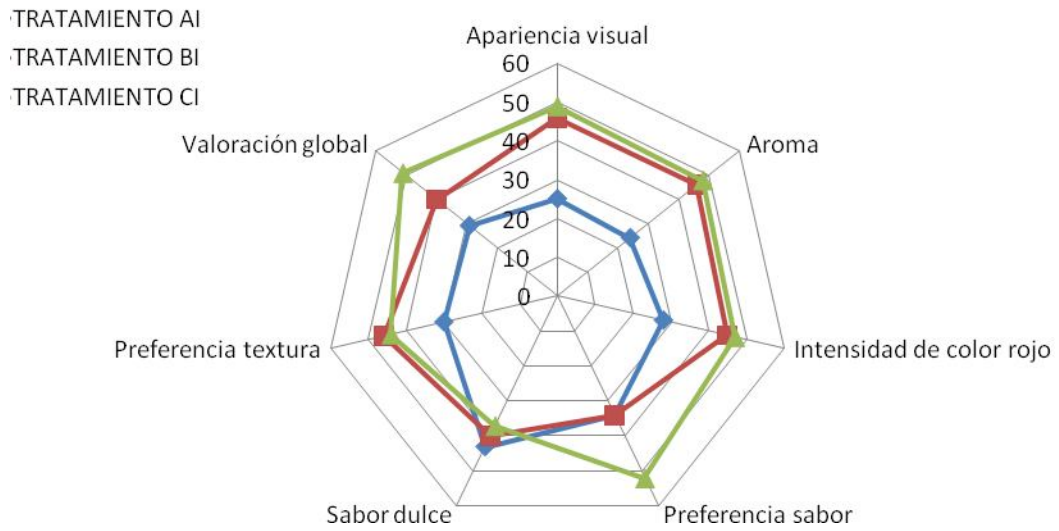


Figura 5. Resultado del test sensorial de los untables de fresa formuladas con isomaltulosa en función del tratamiento osmótico aplicado.

En la figura 5 se observa que el parámetro sabor dulce no muestra diferencias significativas en ninguno de los tres tratamientos. No obstante, los parámetros de intensidad de color rojo, aroma, apariencia visual, valoración global y textura se muestran peor valorados en el tratamiento AI que en el BI y CI. Finalmente puede observarse que el tratamiento CI es el que obtiene una mayor valoración global además de una mayor puntuación en el parámetro de sabor.

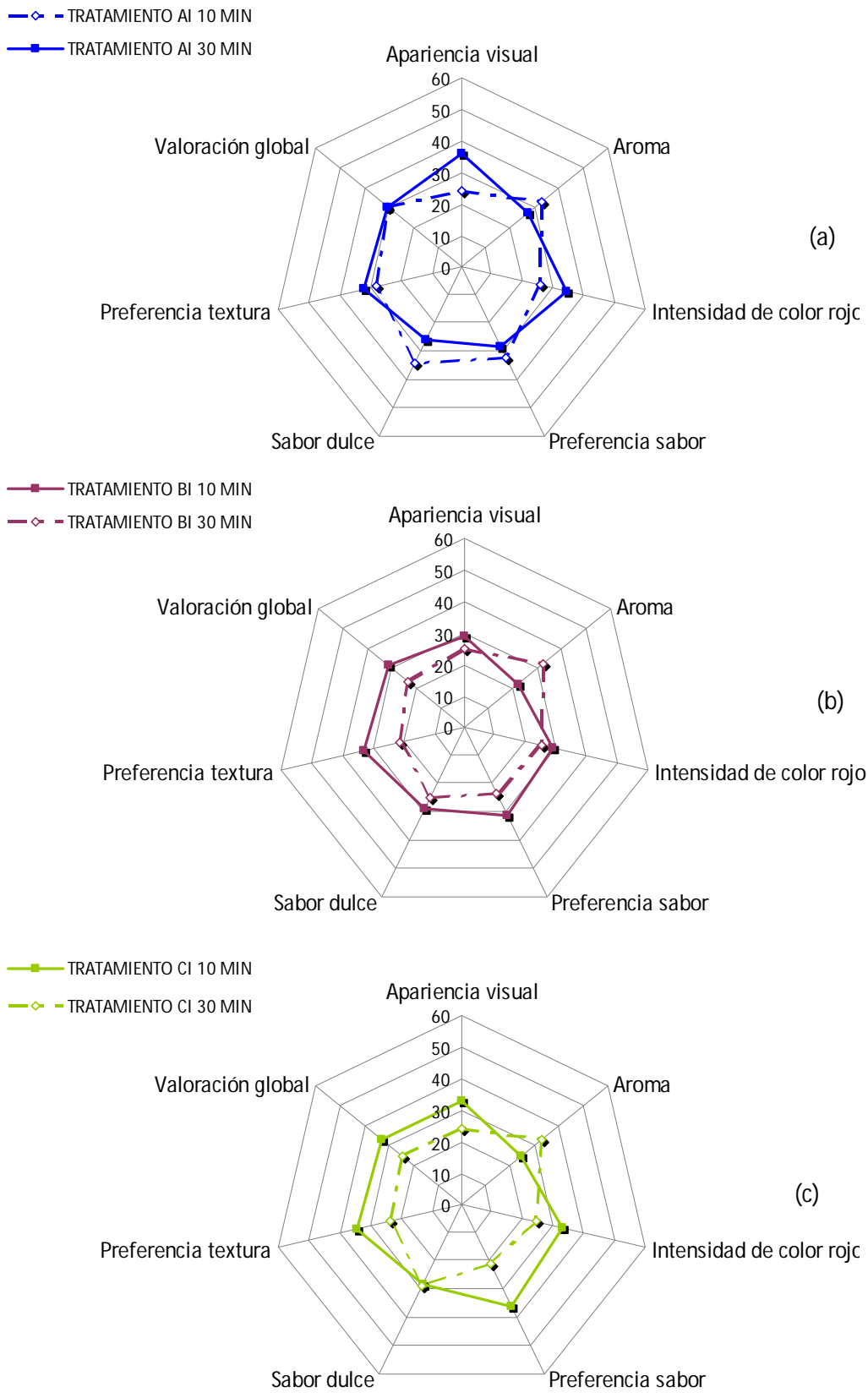


Figura 6. Resultados del test sensorial de la influencia del tratamiento térmico en los distintos untables de fresa formulados con isomaltulosa.

En la figura 6 (a) se observa que el tratamiento A1 tiene puntuaciones similares en cuanto a tiempo de tratamiento para todos los valores a excepción de la apariencia visual que obtiene mayor puntuación en el tratamiento A1 30 minutos que en el de 10 min.

En la figura 6 (b) se puede ver que los parámetros son similares en ambos tratamientos a excepción de el aroma que está mejor valorado en el BI 30 min y la textura que obtiene mayor puntuación en el BI 10 min.

La figura 6 (c) refleja que el tratamiento C1 10 min obtiene mejores puntuaciones en todos los parámetros excepto en el aroma, donde el C1 30 min está mejor valorado, y en el sabor dulce, donde no se aprecian diferencias significativas entre los dos tratamientos.

CONCLUSIONES

El modelo matemático ajustado para obtener los valores de difusividad térmica efectiva se ajustó bien a los resultados experimentales permitiendo predecir el tiempo de tratamiento requerido en función de la temperatura alcanzada. Los untables desarrollados no presentaron diferencias en términos composicionales ni de textura, mientras que el color se vio afectado por el tratamiento osmótico aplicado como consecuencia de la pérdida de pigmentos manifestada por la disminución de pureza y tono en las muestras deshidratadas por vía húmeda. El tiempo de tratamiento térmico mejoró la estabilidad microbiológica aunque en ningún caso se superaron los límites establecidos en la legislación. Por último, del análisis sensorial se concluyó que la formulación mejor valorada fue la del untable obtenido por deshidratación por vía seca, eliminando fase líquida (C1) ya que éste mantuvo mayor proporción de fruta. Por tanto, los untables de fresa desarrollados con el tratamiento C podrían ser un producto con un gran potencial para su comercialización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia la financiación concedida, a través del proyecto AGL2008-01745, para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen a la Cátedra Fomesa la ayuda económica prestada.

REFERENCIAS

- F.A.O. (1981). Manual para el control de calidad de los alimentos. Análisis microbiológico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- FITO, P.; ANDRÉS, A.; PASTOR, R.; CHIRALT, A. (1995). Mass transfer behaviour and structure changes during osmotic dehydration (VOD) of foods. In: LENART, A.; LEWICKI,

- P.P. Editors. Osmotic dehydration of fruits and vegetables. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, 5-19.
- FITO, P.; ANDRÉS, A.; BARAT, J.M. (1998). Deshidratación osmótica de alimentos. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- FORNI, E.; TORREGGIANI, D.; CRIVELLI, G.; MASTRELLI, A.; BERTOLO, G.; SANTELLI, F. (1987). Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. *Acta Horticulturae*, 282: 425-433.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; RUIZ-DÍAZ, G.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. (2002a). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International*, 35: 301-306.
- HAWAI, K., YOSHIKAWA, H, MURAYAM, Y., OKUDA, Y., YAMASHITA, K., (1989). Usefulness of palatinose as a caloric sweetener for diabetic patients. *Hormone and Metabolic Research* 21, 338-340.
- HEREDIA, A. (2008). Métodos combinados de deshidratación para la mejora de la calidad sensorial y nutricional de tomate deshidratado. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- IGUAL, M. (2005). Influencia de los tratamientos osmóticos y de impregnación en la calidad de rodajas de manzana (variedad Granny Smith) durante el almacenamiento. Trabajo Final de Carrera.
- LARMOND, R. (1988). Beyond the texture profile. In: Blanshard J.M.V. and Mitchell J.R. *Food Structure Its Creation and Evaluation*. Butterworths, London, 449-463.
- MADDEN, J. M. (1992). Microbial pathogens in fresh produce. The regulatory perspective. *Journal of Food Protection*, 55: 821-823.
- Ministerio de Sanidad y Consumo (2009). Dirección URL: <<http://www.msps.es/campannas/campanas07/obesidad.htm>>. [Consulta: 17 Octubre 2009]
- NORMA UNE. (1974). Jaleas, confituras y mermeladas. UNE 34-074-74. IRANOR. Madrid. España.
- NORMAS UNE. (1997). Análisis sensorial. Tomo 1. Alimentación. UNE 87-006-92. AENOR N.A. 71970. Madrid. España.
- PUUPONEN, P.; HAKKINEN, S.; AARNI, M.; SUORTTI, T.; LAMPI, A.; EUROLA, M.; PIIRONEN, V.; NUUTILA, A.; OKSMAN-CALDENTY, K-M. (2003). Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 83: 1389-1402.
- SIDDIQUI, I.R., FURGALA, B., (1967). Isolation and characterization of oligosaccharides from honey. Part I. Disaccharides. *Journal of Agricultural Research* 6, 139-145.
- WEIDENHAGEN, R., LORENZ, S., (1957). Palatinose (6-alpha-Glucopyranosido-fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlungsprodukt der Saccharose, *Zeitschrift für die Zuckerindustrie* 7, 533-534; und *Angewandte Chemie* 69, 641.