



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

**INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS UNTABLES DE TOMATE
FORMULADOS CON ISOMALTULOSA-FRUCTOSA O
SACAROSA**

ALUMNO:

RAFAEL AGUSTÍ GIL

DIRECTORA:

ANA HEREDIAGUTIÉRREZ

CODIRECTORA:

M^a DOLORES ORTOLÀ ORTOLÀ

CENTRO: IUIAD

Resumen

La creciente demanda de productos saludables con poder antioxidante pone de manifiesto la necesidad de desarrollar nuevos alimentos que mejoren estas propiedades en los productos tradicionales. En este sentido, el empleo de altas temperaturas deteriora las propiedades antioxidantes y las vitaminas de los alimentos. Por otra parte, el uso de nuevos ingredientes que aporten beneficios al organismo también es muy valorado por los consumidores. Esto sucede con el azúcar isomaltulosa que a diferencia de la sacarosa presenta un carácter cariogénico y además es de lenta asimilación en sangre. Por ello, el objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del tratamiento térmico (temperaturas: 80, 90, 100 °C, tiempos: 5 a 20 min) en la etapa de pasteurización del proceso de elaboración de un untable de tomate de 50 °Brix, similar a la mermelada tradicional pero eliminando la etapa de cocción. Además se evaluó la influencia del tipo de azúcar utilizado en la formulación: isomaltulosa-fructosa o sacarosa. Se determinaron los cambios en las propiedades físico-químicas, ópticas y mecánicas así como el contenido de licopeno y β -caroteno en los untables de tomate estudiados. Los resultados obtenidos indican que los untables no presentaron cambios importantes en el color con respecto al control. A nivel mecánico fueron más consistentes los untables obtenidos con sacarosa, especialmente los tratados a 100 °C y 20 min. Por último, el tratamiento térmico redujo considerablemente el contenido en licopeno y β -caroteno, especialmente en las muestras formuladas con sacarosa.

Palabras clave: tomate, tratamiento térmico, isomaltulosa,

Abstract

The growing demand for healthy products rich in antioxidants highlights the need to develop new foods that improve these properties in comparison to traditional products. In this sense, the use of high temperature used in traditional processes imply a loss of antioxidant properties and vitamins from food. Moreover, the use of new ingredients that provide benefits to the body is also highly appreciated by consumers. Isomaltulose could be considered a good sugar-replacer regarding its low glycaemic and cariogenic indexes. Therefore, the aim of this work was to study the effect of the pasteurization step (temperatures: 80, 90, 100 °C, time: 5-20 min) applied to develop a spread product from tomato of 50 Brix on physico-chemical characteristics, optical and mechanical properties as well as lycopene and β -carotene contents. The influence of the sugar used in the formulation: isomaltulose, fructose or sucrose was also evaluated. The results indicated that studied products showed no significant changes in color compared to control (without any thermal treatment). Regarding to texture, tomato spread products formulated with sucrose were more consistent than those formulated with

isomaltulosa and fructose, especially those treated at 100 °C and 20 min. Finally, heat treatment and the use of sucrose significantly reduced lycopene and β -Carotene contents.

Keywords: tomato, thermal treatment, isomaltulose

Resum

La creixent demanda de productes saludables amb poder antioxidant posa de manifest la necessitat de desenvolupar nous aliments que milloren aquestes propietats en els productes tradicionals. En aquest sentit, l'ús d'altres temperatures deterioren les propietats antioxidants i les vitamines dels aliments. D'altra banda, l'ús de nous ingredients que aporten beneficis a l'organisme també és molt valorat pels consumidors. Això passa amb el sucre isomaltulosa que a diferència de la sacarosa presenta un caràcter cariogènic i ademés és de lenta assimilació en sang. Per això, l'objectiu d'aquest treball és estudiar l'efecte del tractament tèrmic (Temperatures: 80, 90, 100 ° c, temps: 5 a 20 minuts) en l'etapa de pasteurització del procés d'elaboració d'un untable de tomaca de 50 °Brix, similar a la mermelada tradicional però eliminant l'etapa de cocció. Ademés es va avaluar la influència del tipus de sucre utilitzat en la formulació: isomaltulosa-fructosa o sacarosa. Es van determinar els canvis en les propietats físico-químiques, òptiques i mecàniques així com el contingut de licopè i β -carotè en els untables de tomaca estudiats. Els resultats obtinguts indiquen que els untables no van presentar canvis importants en el color pel que fa al control. A nivell mecànic van ser més consistents els untables obtinguts amb sacarosa, especialment els tractats a 100 °C i 20 min. Finalment, el tractament tèrmic va reduir considerablement el contingut en licopè i β -carotè, especialment en les productes formulats amb sacarosa.

Paraules Claus: tomaca, tractament tèrmic, isomaltulosa

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumidor prefiere alimentos seguros y de elevada calidad nutricional y funcional (Abdullah y Cheng, 2001). Para dar respuesta a esta demanda, se hace necesario el estudio de nuevos productos a base de alimentos frescos que satisfagan las necesidades de los consumidores y que además sean productos saludables, por lo que resulta evidente el interés social y económico de desarrollar productos y procesos que permitan a los sectores agrícolas e industriales implicados, mayor competitividad de sus productos a través de la mejora de la calidad. Así pues, los productos untables podrían aparecer como una alternativa al consumo de alimentos en fresco, e incluso al consumo de mermeladas, obteniendo productos que satisfagan las exigencias de los consumidores. En la elaboración de los productos untables la etapa de cocción aplicada en el proceso tradicional de obtención de mermeladas es eliminada con el fin de evitar el detrimento en la calidad del producto final que conlleva la aplicación de un tratamiento térmico. Esta etapa podría ser sustituida por una formulación adecuada del producto que diera lugar a la misma concentración de sólidos solubles que se alcanza durante la etapa de concentración por calor.

A pesar de la sustitución de la etapa de cocción, la necesidad de aplicar un tratamiento térmico para aumentar la vida útil del mismo es necesaria. En este sentido, el estudio de pares temperatura-tiempo resulta interesante ya que obtenemos resultados sobre la influencia de la aplicación de los diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades del producto final. Además, el encontrar los pares óptimos para cada proceso de elaboración es un requerimiento necesario para poder ofrecer a los consumidores productos alimenticios seguros, aptos para el consumo y con una mayor vida útil.

Un producto untable de tomate puede ser una buena alternativa para renovar la oferta de productos procesados a partir de una fruta que presenta uno de los cultivos más difundidos por todo el mundo y el que representa mayor volumen de producción industrializado (% del total). Según las fuentes estadísticas de la FAO (2008), su producción para consumo, ya sea en fresco o procesado, aumentó a nivel mundial de 106 a 114 millones de Tm entre 2005 y 2008 (FAO, 2008). Teniendo en cuenta los datos económicos de producción y consumo de tomate en nuestro país, puede verse que la producción de tomate española en la campaña 2007/2008 alcanzó 3.664.100 T, lo que convierte a nuestro país en el noveno productor mundial de tomates y segundo productor de la unión europea tras Italia (3.922.500 t.), (FAOSTAT, 2008). Además España se ha convertido en uno de los principales exportadores europeos de tomate en fresco junto con Holanda presentando un volumen de exportación de (880.630 t) y (834.589 t), respectivamente (FAOSTAT, 2007). Los datos anteriores sugieren que dicho producto se sitúa en el punto de mira de los consumidores, cada día más sensibilizados con los aspectos de una alimentación saludable.

Diferentes investigaciones sobre el tomate han demostrado que constituye una fuente importante de compuestos antioxidantes (Raffo et al., 2006) y han asociado dichos compuestos con la prevención de enfermedades crónicas (problemas cardiovasculares, diferentes tipos de cáncer (mama, colon y próstata)) y diabetes entre otros beneficios para la salud (Cao et al., 1996; Cohenistal et al., 2000; Liu et al., 2000; Knekt et al., 2002; Zhang y Hamauzu, 2004).

Finalmente, las nuevas tendencias de consumo reflejan una reducción del consumo excesivo de azúcares y otros carbohidratos de absorción rápida. Debido a esto, una de las cuestiones que se plantea el mercado es el control de alimentos con un bajo índice glucémico. Actualmente existen productos que sustituyen el azúcar común como es el caso de la Isomaltulosa. Se trata de un edulcorante que puede ayudar a reducir la respuesta glucémica e insulinémica que provocan determinados alimentos, y que a diferencia de otros edulcorantes artificiales, no tiene efectos laxantes (Weidenhagen y Lorenz, 1957). Su poder edulcorante es un tercio de la sacarosa, pero posee un dulzor similar y resulta muy interesante su aplicación al desarrollo de alimentos para diabéticos. Proporciona la misma cantidad de energía en la forma de glucosa que el azúcar común, pero durante un periodo significativamente más duradero y tiene apenas un leve efecto sobre los niveles de azúcar en sangre y de insulina en el cuerpo humano, y aun así es totalmente digerible (Hawai et al., 1989; Lina et al. 2002).

Para conseguir un producto untable con las características propias que hemos señalado antes se han debido realizar diferentes pruebas para conseguir las condiciones de estudio entre las que debemos encontrar finalmente las condiciones más óptimas para este producto objeto de nuestro estudio. Debido a estas experiencias previas se optimizaron las tres variables anteriormente ya citadas composición, temperatura y tiempo del procesado y porcentaje de la pectina, componente necesario para conseguir una solidificación apta para este tipo de producto (Benito et al., 2010).

El objetivo de este trabajo se centra en la etapa de tratamiento térmico que permita alargar la vida útil de un producto untable de tomate formulado con isomaltulosa y fructosa o sacarosa. Concretamente, se analizó la influencia de la temperatura y duración del tratamiento térmico sobre las propiedades físico-químicas, ópticas y mecánicas así como sobre el contenido en licopeno y β -caroteno.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección y acondicionamiento de la materia prima

Se utilizaron tomates de pera (*Lycopersicon sculentum*), adquiridos en un supermercado local que fueron seleccionados manualmente con el fin de

eliminar productos defectuosos y homogeneizar la muestra en cuanto a tamaño, color y madurez.

Las muestras seleccionadas fueron lavadas en agua clorada para la eliminación de posibles residuos fitosanitarios, sometidas a un escaldado durante 30 segundos en agua a 100 °C para facilitar su pelado posterior y triturado intentando conseguir un puré homogéneo.

2.2. Proceso de elaboración

Los untables de tomate fueron formulados mezclando tomate y los azúcares correspondientes, sacarosa o una mezcla de isomaltulosa y fructosa en proporciones calculadas a partir de un balance de materia para alcanzar una concentración de sólidos solubles en fase líquida del producto de 50 °Brix. Además como agente gelificante se empleó pectina al 2% en peso, como conservante se utilizaron 500 ppm de sorbato potásico y como acidulante 0.66 % de ácido cítrico. El producto se homogeneizó mediante una batidora durante 3 minutos para permitir una correcta estabilización del gel. Los untables fueron envasados a 90°C en frascos de vidrio twist-off de 125 cm³ para favorecer la eliminación de aire en el espacio de cabeza y mejorar la estabilidad del producto.

2.3. Tratamiento térmico

Los untables de tomate fueron sometidos a diferentes tratamientos térmicos, combinando diferentes temperaturas y tiempos. En concreto se aplicaron temperaturas de 80, 90 y 100°C durante 5, 10, 15 y 20 min. Los resultados se compararon con uno control para cada azúcar formulados de la misma forma que el resto de untables pero sin ser sometido a ningún tratamiento térmico una vez envasado en caliente.

2.4. Determinaciones analíticas

Las determinaciones analíticas que se detallan a continuación fueron llevadas a cabo por triplicado para así obtener una mayor fiabilidad de los datos obtenidos en cada uno de los análisis realizados.

2.4.1. Determinación del contenido en agua

El contenido en humedad de las muestras se determinó de acuerdo a la norma de la A.O.A.C. nº 20.103 (1980), especial para frutas ricas en azúcar, con algunas modificaciones. Aproximadamente 0,5 g de muestra, se colocaron en un recipiente de material inerte y se llevó a una estufa de vacío (P-SELECTA mod. Vaciotem-T) a presión inferior a 133 mbar y temperatura de 60 °C donde se mantuvo hasta peso constante (2-3 días).

2.4.2. Determinación de sólidos totales

El contenido en sólidos solubles totales, tanto en muestra fresca como procesada, se determinó con un refractómetro de mesa tipo ABBE (ATAGO mod. 3-T) termostatado a 20 °C. Las medidas de °Brix se realizaron directamente de la muestra, previa homogeneización de la misma e intentando separar en la medida de lo posible los sólidos en suspensión.

2.4.3. Determinación de la actividad de agua

Las determinaciones de actividad del agua (a_w) se realizaron a 25 °C en un higrómetro de punto de rocío (DECAGÓN, mod. CX-3) de precisión $\pm 0,003$, previamente calibrado con disoluciones salinas saturadas.

2.4.4. Determinación de pH

El pH se midió a temperatura ambiente en muestras homogeneizadas con un pH-metro (SevenEasy, Mettler Toledo).

2.4.5. Determinación de las 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 entre 380 y 770 nm. Las muestras de untables de tomate se colocaron en una cubeta de vidrio de 10 mm de espesor. La medida de color se realizó colocando la cubeta en una ventana de 20 mm de diámetro. Para cada uno de los tratamientos se realizaron 3 medidas. Se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b* utilizando como referencia el observador 10° e iluminante D65.

2.4.6. Determinación de textura

Se realizaron determinaciones objetivas de consistencia y adhesividad con el test de Back extrusion utilizando un texturómetro del tipo TA/XT/PLUS Texture Analyser y el accesorio celda Back extrusion con anillo de 35 cm (García-Martínez et al., 2002; Sesmero et al., 2007). El ensayo Back extrusion consistió en hacer avanzar un embolo circular de base plana y 35

mm de diámetro, a una velocidad constante de 10 mm/min. En la figura 1 se representa la curva típica de los ensayos back-extrusion, como se puede apreciar, se obtienen dos tramos característicos. El primero de ellos, área positiva (A_{1-2}) está asociado a la consistencia del producto, y el segundo, área negativa (A_{2-3}) relacionado con la adhesividad y con el ratio consistencia/viscosidad.

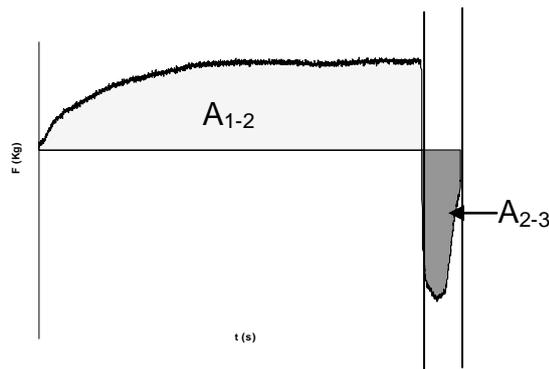


FIGURA 1. Curva tipo de Fuerza (N)-Tiempo (s) obtenida en el ensayo Back extrusion.

2.4.7. Determinación de licopeno y β -caroteno

El contenido en licopeno y β -caroteno se analizó por espectrofotometría de emisión UV-visible (Potter & Anderson, 1967). El contenido en licopeno y β -caroteno se registró para una longitud de onda de 503 nm y 478nm, respectivamente.

La determinación de licopeno y β -caroteno se realizó añadiendo a 1 g de muestra de untable 4 mL de etanol y 3 mL de hexano, homogenizando esta mezcla en el Vortex. A continuación se mantuvieron las muestras durante 1 hora en agitador horizontal para favorecer la extracción de estos componentes. Una vez realizada completamente la extracción de los pigmentos se añadió 1 mL de agua mili-Q a las muestras para separar las fases hidrosoluble y liposoluble. Por último se realizó la medida espectrofotométrica recogiendo 0,5 mL de la fase apolar. Para calcular la concentración de estos carotenoides en las muestras se utilizaron las siguientes ecuaciones (Ec. (1) y 2))

$$licopeno(mg / 100 g) = \frac{A_{503} \cdot PM_{lic} \cdot V}{m \cdot E_{lic}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\beta - caroteno(mg / 100g) = \frac{A_{478} - [(A_{503} \cdot 0,9285)] \cdot PM_{\beta-car} \cdot V}{m \cdot E_{\beta-car}} \cdot 100 \quad (2)$$

donde,

A_{503} y A_{478} : valores de absorbancia a 478 y 503 nm

PM_{lic} y $PM_{\beta-car}$: masa molecular del licopeno (537 g/ mol) y β -caroteno (533,85 g/ mol)

V: volumen de la fase hexano (ml)

m: masa de tomate (g)

E_{lic} y $\beta_{\beta-car}$: coeficiente de extinción del licopeno y β -caroteno en hexano (172 m/m y 139 m/m, respectivamente) (Sadler et al., 1990).

Para evaluar la influencia del tratamiento térmico sobre estos compuestos, se calculó la reducción del carotenoides correspondiente experimentada (%) con respecto al control (Ec. (3)). Para ello, fue necesario expresar el contenido de los carotenoides en el control y en los untables como mg licopeno/100 g de materia seca.

$$\% \text{ Reducción}_{\text{carotenoide}} = 100 - \left[\frac{(C_{\text{untable}} \cdot 100)}{C_{\text{control}}} \right] \quad (3)$$

donde,

C_{untable} : Concentración del carotenoide en el untable de tomate (mg/100g materia seca)

C_{control} : concentración del carotenoide en el untable sin tratamiento térmico (mg/100g materia seca)

2.5. Tratamiento estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa statgraphics plus (versión 5.1). La influencia de las variables de proceso sobre los diferentes compuestos analizados se evaluó mediante análisis simple o multifactor de la varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($p\text{-valor} \leq 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de los untables de tomate

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los distintos productos untables se realizó 24 horas después de la formulación. La media y desviación estándar de los diferentes parámetros analizados se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. Características fisicoquímicas de los diferentes productos de tomate untable en función de los diferentes tratamientos térmicos y la formulación empleada.

	Temperatura (°C)	Tiempo de tratamiento térmico (min)	°Brix	x_w	a_w	pH
Sacarosa	Control	Control	51,80 (0,10)	0,473 (0,005)	0,923	3,63
		5	51,67 (0,06)	0,470 (0,014)	0,926	3,63
		10	51,70 (0,00)	0,462 (0,022)	0,925	3,63
	80	15	51,53 (0,06)	0,646 (0,055)	0,924	3,63
		20	51,37 (0,12)	0,448 (0,004)	0,92	3,62
		5	51,70 (0,00)	0,460 (0,007)	0,921	3,62
	90	10	51,70 (0,00)	0,411 (0,119)	0,923	3,62
		15	51,77 (0,06)	0,364 (0,153)	0,921	3,62
		20	51,13 (0,06)	0,468 (0,019)	0,921	3,63
	100	5	51,70 (0,00)	0,553 (0,020)	0,922	3,62
		10	51,17 (0,06)	0,455 (0,005)	0,923	3,62
		15	51,23 (0,06)	0,462 (0,007)	0,921	3,62
Isomaltulosa y Fructosa	Control	Control	49,63 (0,06)	0,488 (0,001)	0,913	3,60
		5	49,37 (0,32)	0,487 (0,003)	0,917	3,61
		10	50,13 (0,15)	0,495 (0,003)	0,917	3,61
	80	15	50,30 (0,10)	0,521 (0,270)	0,91	3,61
		20	49,53 (0,06)	0,490 (0,008)	0,914	3,61
		5	49,53 (0,06)	0,489 (0,001)	0,919	3,61
	90	10	50,13 (0,15)	0,483 (0,005)	0,913	3,61
		15	49,33 (0,06)	0,556 (0,090)	0,92	3,61
		20	49,20 (0,00)	0,492 (0,005)	0,921	3,61
	100	5	49,33 (0,06)	0,624 (0,000)	0,91	3,60
		10	49,47 (0,06)	0,484 (0,003)	0,911	3,61
		15	49,87 (0,15)	0,558 (0,110)	0,912	3,61
		20	49,77 (0,06)	0,421 (0,105)	0,912	3,62

Los distintos productos obtenidos presentaron con un contenido en sólidos solubles de 50(1) °Brix, y una humedad media de 0,49(0,06) g de agua / g. Así mismo la a_w mostró unos valores de 0,9223(0,004) en el caso de los productos formulados con sacarosa y 0,9145(0,004) en el caso de los productos que contenían isomaltulosa en su formulación lo que pone de manifiesto que el poder reductor de actividad de agua es similar en ambas formulaciones. Finalmente el pH de todos los productos estuvo en torno a 3,617(0,008), el cual se encuentra muy próximo al pH de seguridad en la elaboración de estos productos (3,5). No obstante se consideran pH aptos en la elaboración de productos unttables y mermeladas aquellos que se encuentren entre 3,25–3,75 esto garantiza la conservación del producto a nivel microbiológico impidiendo el crecimiento de microorganismos que alteren nuestro producto final (Coronado & Hilario, 2001).

3.2. Influencia de las variables del proceso en las coordenadas colorimétricas del producto

En general, el proceso realizado en este estudio implica la concentración de los pigmentos lo que puede dar lugar a una absorción selectiva de la luz dependiendo de la composición en solutos de la fase líquida, un aumento en el índice de refracción (n) asociado a un incremento de la opacidad, además de un aumento en la homogeneidad de la medida de color en superficie. Adicionalmente, y dependiendo fundamentalmente de la temperatura de proceso, se puede producir una degradación y/o pérdida de los pigmentos (Chiralt & Talens, 2005).

Las figuras 2 y 3 muestran la representación de los valores de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* de los productos untables analizados en los planos cromáticos L^*a^* y b^*a^* , respectivamente. Como se puede ver en la figura 2, el tratamiento térmico no afectó significativamente a la luminosidad en las muestras formuladas con isomaltulosa y fructosa.

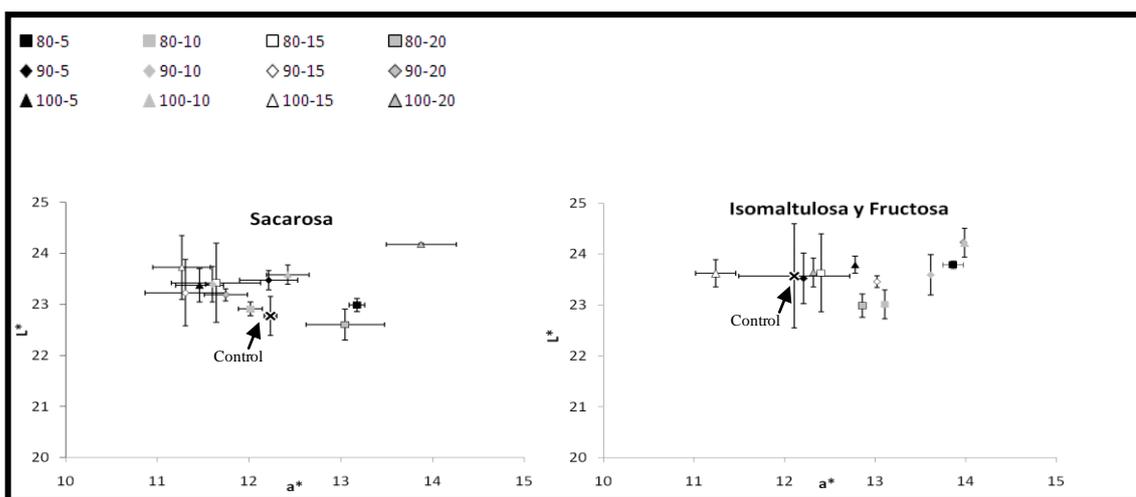


FIGURA 2. Plano cromático L^* - a^* de tomate para untar dependiendo del tratamiento térmico y los azúcares utilizados en la formulación (codificación de la leyenda de las series de datos: T (°C)-tiempo (min)).

Por otra parte, se observó un ligero aumento en las muestras formuladas con sacarosa tratadas térmicamente en comparación con su control (sin tratamiento térmico). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en función de la temperatura ni del tiempo de tratamiento térmico estudiados tal y como la refleja el análisis estadístico (tabla 2).

TABLA 2. Valores de Cociente-F y nivel de significación del tiempo y temperatura de tratamiento térmico así como del tipo de azúcar, sobre los parámetros colorimétricos analizados en los untables de tomate.

Principales efectos	L*		a*		b*		C*		h*	
Tipo de azúcar (A)	7,64	**	160	***	25,1	***	55,72	***	2,53	N.S.
Temperatura (B)	2,75	N.S.	11,6	***	0,5	N.S.	1,22	N.S.	3,39	*
Tiempo (C)	0,93	N.S.	63,21	***	24,88	***	39,79	***	0,93	N.S.
Interacciones										
AB	1,53	NS	31,66	***	7,21	***	15,46	***	0,4	N.S.
AC	0,21	NS	21,33	***	7,08	***	10,07	***	2,89	*
BC	3,15	*	24,32	***	7,97	***	11,9	***	1,12	N.S.
ABC	1,69	NS	25,62	***	7,58	***	11,28	***	3,35	**

NS: diferencias estadísticamente no significativas ($p \geq 0.05$); nivel de confianza: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Sin embargo, el parámetro a^* fue significativamente mayor en las muestras formuladas con isomaltulosa y fructosa que en las de sacarosa, lo que implica una mejor conservación del color rojizo propio del tomate. Además este comportamiento fue más evidente en las muestras tratadas a menor temperatura, sin observarse un efecto claro del tiempo de tratamiento en ningún caso.

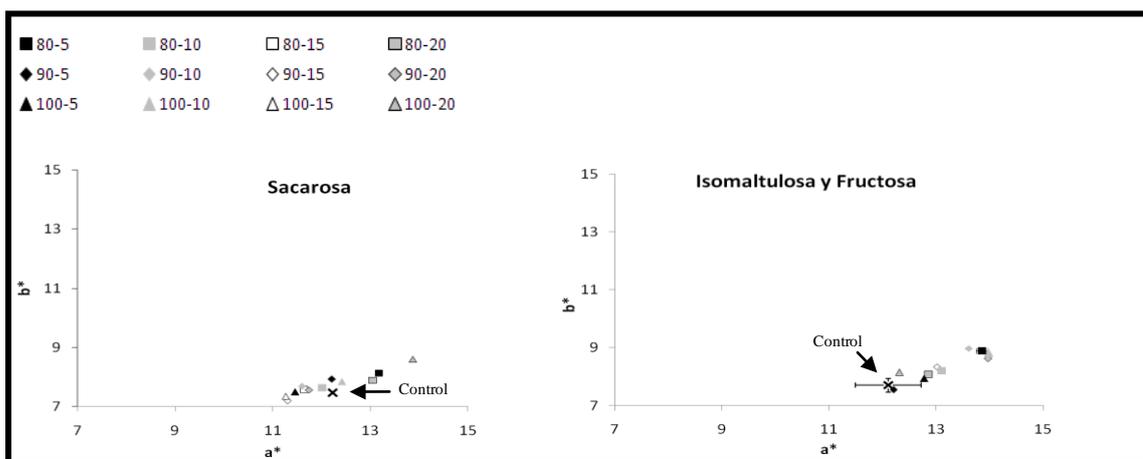


FIGURA 3. Plano cromático b^* - a^* de tomate para untar en función del tratamiento térmico y los azúcares utilizados en la formulación (codificación de la leyenda de las series de datos: T (°C)-tiempo (min)).

En relación al efecto del tratamiento sobre las coordenadas a^* y b^* (figura 3), se observó un claro aumento de ambas coordenadas, con respecto al control, en aquellas muestras formuladas con isomaltulosa y fructosa independientemente de las condiciones del tratamiento térmico aplicado, siendo el valor de tono ($\arctg b^*/a^*$) ligeramente superior al del control en todos los casos, aunque este aumento no resultó ser estadísticamente significativo (tabla 2). Además, se puede observar un aumento en la pureza de color o croma ($(a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$) de las muestras, lo que se traduciría en un tendencia hacia un color rojo más puro. Por tanto, la aplicación de calor podría mejorar el aspecto visual de los untables de

tomate. Por otro lado, en los untables formulados con sacarosa no se observó una influencia clara del tratamiento térmico ni de sus condiciones de temperatura y tiempo sobre las coordenadas a^* y b^* , tal y como lo confirmó el análisis de la varianza (ANOVA multifactor) realizado (tabla 2).

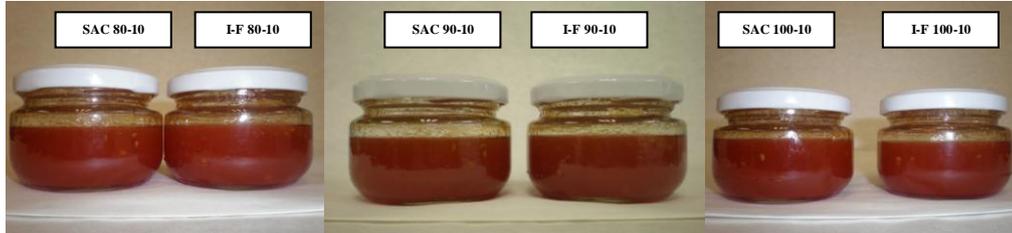


FIGURA 4: Ejemplo de los untables de tomate obtenidos con las diferentes formulaciones (isomaltulosa-fructosa o sacarosa) y los diferentes tratamientos térmicos a 10min.

3.3. Influencia de las variables del proceso en la textura del producto

La textura de un producto alimenticio como el que estamos estudiando en este trabajo se encuentra muy ligada al tratamiento térmico al que es sometido, tanto por la temperatura aplicada como por el tiempo de exposición al cual se somete dicho producto. Además, debido al gelificante añadido (pectina 2%) y los cambios que puede provocar las diferentes temperaturas y tiempos de exposición en la función de este, se pueden producir alteraciones referentes a la textura del producto (Basu & Shivhare, 2010).

En las figuras 5 y 6 se muestran los valores de consistencia (US) y adhesividad (US) obtenidos a partir del ensayo Back-extrusion para las diferentes condiciones de formulación y tratamiento térmico ensayadas. En ambas figuras se observa que la combinación de la isomaltulosa y fructosa proporcionan menor consistencia y adhesividad al producto de tomate para untar en comparación con la sacarosa tal y como confirmó adicionalmente el gráficos de interacción obtenidos a partir del análisis estadístico (ANOVA multifactor) (figura 7).

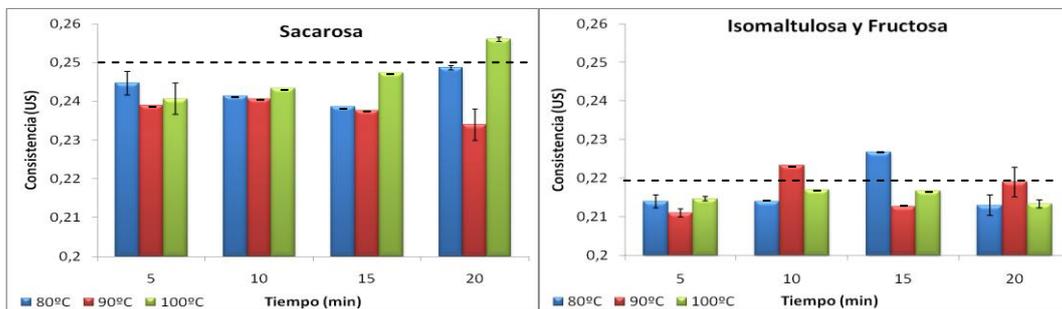


FIGURA 5. Valores de consistencia (US) obtenidos a partir del ensayo Back-extrusion de los untables formulados con isomaltulosa-fructosa o sacarosa y tratados térmicamente. Los valores de control (producto untable sin tratamiento térmico) se encuentran indicados por medio de las líneas discontinuas respectivas.

Por otro lado, únicamente se observó un aumento claro de la consistencia y adherencia del producto conforme lo hizo la duración del tratamiento térmico a 100 °C y en los untables formulados con sacarosa.

Parece interesante destacar que el untable de tomate que presentó la mayor consistencia y adhesividad en el conjunto de los productos estudiados fue el formulado con sacarosa y tratado térmicamente a 100 °C durante 20 min. Este hecho estaría relacionado con un aumento de la estabilización de las cadenas poliméricas responsables de la formación del gel conforme aumenta la temperatura y exposición al tratamiento térmico. No obstante, este fenómeno parece invertirse en productos con un contenido en azúcar superior al 60 °Brix cuando se aplican temperaturas superiores elevadas (Basu & Shivhare, 2010).

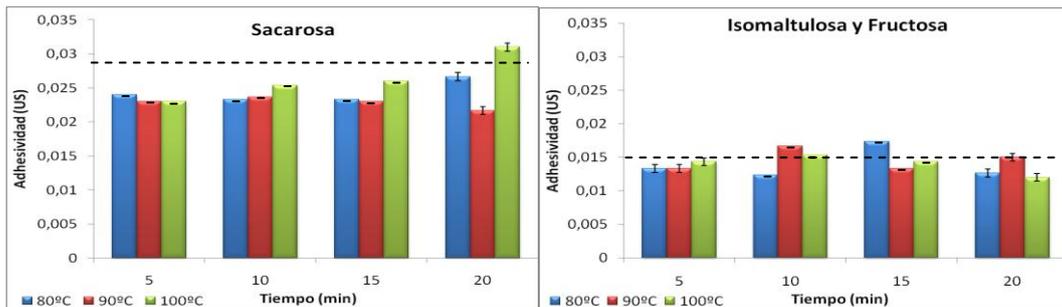


FIGURA 6. Valores de adhesividad (US) obtenidos a partir del ensayo Back-extrusión de los untables formulados con isomaltulosa-fructosa o sacarosa y tratados térmicamente. Los valores de control (producto untable sin tratamiento térmico) se encuentran indicados por medio de las líneas discontinuas respectivas.

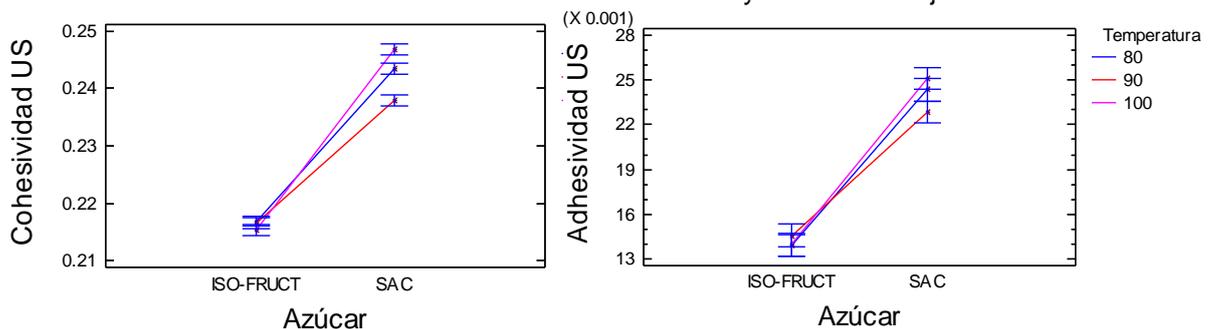


FIGURA 7. Gráficos de interacción tipo de azúcar-temperatura obtenidos a partir del ANOVA multifactorial realizado para los datos de cohesividad y adhesividad de los untables de tomate estudiados.

3.4. Evolución del contenido en licopeno y β -caroteno después de los diferentes tratamientos térmicos

Entre los compuestos con capacidad antioxidante en el fruto del tomate, el licopeno resulta de especial interés por ser éste uno de los pocos frutos donde se encuentra de forma natural en una elevada concentración. Por ello, se determinó el contenido en licopeno y β -caroteno en los diferentes untables de tomate.

En el gráfico de barras (figura 8) se muestra el promedio en porcentaje de la pérdida de licopeno respecto al control (tras el envasado), en función de los diferentes tratamientos térmicos realizados y del azúcar utilizado en la formulación. Como se puede observar, se produjo una importante reducción del contenido en licopeno al aplicar calor al producto.

Sin embargo, esta pérdida fue menor en los productos formulados con la mezcla isomaltulosa-fructosa. De la misma forma, existió también una clara tendencia a la pérdida de licopeno en el producto final conforme el tratamiento térmico fue más agresivo, es decir, cuanto mayor fue la temperatura y el tiempo de exposición, especialmente en las muestras donde el edulcorante empleado fue sacarosa.

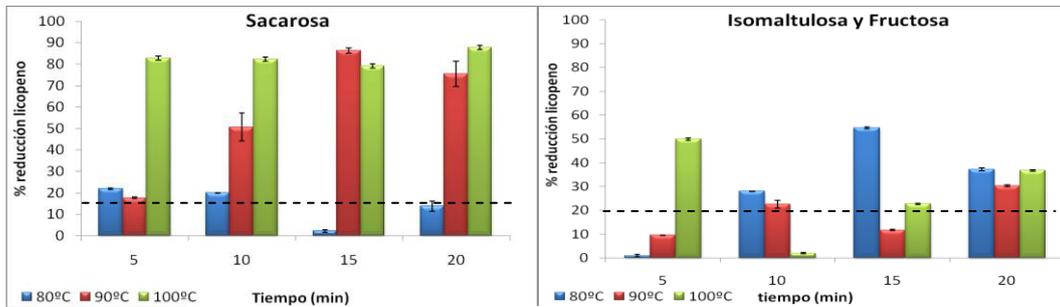


FIGURA 8. Porcentaje de reducción de licopeno en tomate para untar con respecto al untable control según el tratamiento térmico y el tipo de azúcar. Las líneas discontinuas indican el porcentaje de pérdidas de licopeno en los productos para untar sin tratamiento térmico para formulaciones con diferentes azúcares.

Los resultados obtenidos respecto a la reducción del β -caroteno (figura 9) siguen la misma pauta que para el licopeno, destacando el papel protector de la combinación de isomaltulosa y fructosa en la formulación del untable en comparación con las muestras de sacarosa. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores que observaron que la combinación de elevadas temperaturas y largos tiempos de proceso aceleran la degradación de estos compuestos (Boskovic, 1979; Schierle et al., 1996; Nguyen & Schwartz, 1998; Shi et al., 1999). Si a estos efectos se les suman otros como la incorporación de aire en el tomate durante operaciones como el triturado, la pérdida de licopeno puede ser todavía mayor.

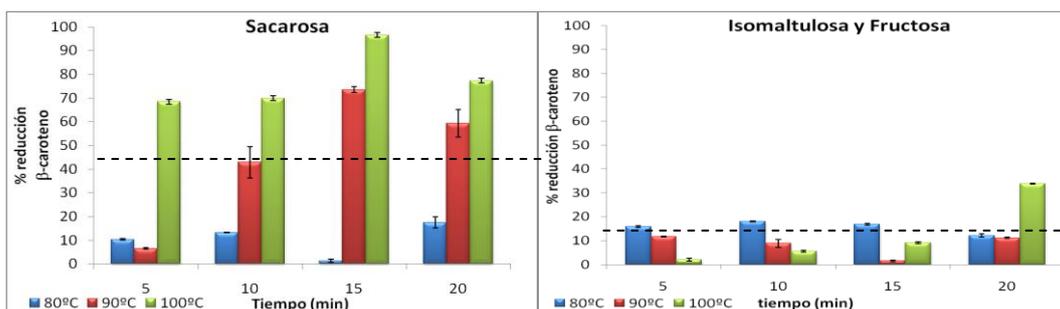


FIGURA 9. Porcentaje de reducción de β -caroteno en tomate para untar con respecto al untable control según el tratamiento térmico y el tipo de azúcar. Las líneas discontinuas indican el porcentaje de pérdidas de licopeno en los productos para untar sin tratamiento térmico para formulaciones con diferentes azúcares.

Por último, la tabla 3 refleja el nivel de influencia estadística de las variables estudiadas (tiempo y temperatura de tratamiento térmico y tipo de azúcar utilizado en la formulación) sobre la reducción del contenido en licopeno y β -caroteno. De este modo, se observa cómo todas las variables

así como sus interacciones, resultaron tener un nivel de significación del 99 % sobre la reducción de estos carotenoides, siendo el tipo de azúcar aquella variable que presentó mayor influencia, seguida de la temperatura y duración del tratamiento térmico, respectivamente.

TABLA 3. Valores de Cociente-F y nivel de significación del tiempo y temperatura de tratamiento térmico así como del tipo de azúcar, sobre la pérdida de licopeno y β -caroteno en los untables de tomate.

% Reducción de licopeno			% Reducción de β -caroteno		
Principales efectos			Principales efectos		
Tipo de azúcar (A)	3444,2	***	Tipo de azúcar (A)	1875,28	***
Temperatura (B)	1637,36	***	Temperatura (B)	279,95	***
Tiempo (C)	300,07	***	Tiempo (C)	182,46	***
Interacciones			Interacciones		
AB	2267,54	***	AB	754,13	***
AC	60,64	***	AC	20,3	***
BC	276,53	***	BC	58,65	***
ABC	430,93	***	ABC	113,36	***

NS: diferencias estadísticamente no significativas ($p \geq 0.05$); nivel de confianza: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

4. CONCLUSIONES

El tratamiento térmico en los productos formulados con isomaltulosa-fructosa produjo un aumento en la pureza de color de los untables de tomate con respecto a su control y a los formulados con sacarosa. Respecto a la textura del producto, aquellos obtenidos mediante una formulación con sacarosa presentaron una mayor consistencia y adhesividad en comparación a los productos obtenidos mediante la formulación isomaltulosa-fructosa. Además el tratamiento térmico aumentó ligeramente la cohesividad y la adhesividad. En cuanto a la reducción de los compuestos carotenoides, el tratamiento térmico produjo pérdidas especialmente cuanto mayor fue la temperatura y el tiempo de tratamiento y en las muestras formuladas con sacarosa. Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la combinación de isomaltulosa y fructosa podría ser una buena alternativa de sustitución del azúcar común en la elaboración de productos untables de tomate, si bien la isomaltulosa confiere una textura más fluida. El tratamiento térmico menos intenso (80°C-5min) sería el más apropiado para mantener el nivel de carotenoides en los untables de tomate, aunque habría que realizar un estudio microbiológico para comprobar su vida útil.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, A. & Cheng, T. (2001). "Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits jam". *Food Quality and Preference*, 12, 63-68.
- Base de datos estadísticos de la FAO, 2008. <http://www.fao.org>.
- Basu S., & U.S. Shivhare (2010) "Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam". *Journal of Food Engineering*, 100, 357-365.
- Benit, L., Andrés, A., Heredia, A., Rosa, E. & Peinado, I., (2010) "Influencia del método de elaboración y del tipo de azúcares en las propiedades ópticas y en la textura de un producto untado de tomate", Tesis de master gestión y seguridad alimentaria, Universidad Politécnica de Valencia
- Boskovic, M. (1979). Fate of lycopene in dehydrated tomato products carotenoids isomerization in food systems. *Journal of Food Science*, 44, 84-86.
- Cao, G., Sofic, E. & Prior, R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3426-3431.
- Chiralt, A. & Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 67, 167-177.
- Coronado and Hilario (2001) *Elaboración de mermeladas: procesamiento de alimentos para pequeñas y micro empresas agroindustriales*, Centro de Investigación, Educación y Desarrollo.
- García-Martínez, E.; Ruiz-Díaz, J.; Martínez-Monzó, J.; Camacho, M.M.; Martínez-Navarrete, N. & Chiralt, A. (2002). 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.
- Knekt, P., Kumpulainen, J., Jarvinen, R., Rissanen, H., Heliovaara, M., Reunanen, A., Halulinen, T. & Aromaa, A. (2002). Flavonoids intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 560-568.
- Lina, B.A.R., Jonker, G. & Kozianowski, G., (2002) Isomaltulose (Palatinose) a review of biological and toxicological studies). *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1375-1381.
- Liu, S., Manson, J. E., Lee, I. M., Cole, S. R., Hennekens, C. H., Willett, W. C. & Buring, J. (2000). Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: The Women's Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 922-928.
- Nguyen, M. & Schwartz, S. (1998). Lycopene stability during food processing. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218, 101- 105.
- Porter, J.W. & Anderson, D.G. (1967). Biosynthesis of carotenoids. *Annual Review of Plant Physiology*, 18, 197-228.

- Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V. Maiani, G. & Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food composition and analysis*, 19, 11- 19.
- Schierle, J., Bretzel, W., Buhler, I., Faccin, N., Hess, D., Steiner, K. & Schuep, W. (1996). Content and isomeric ratio of lycopene in food and human blood plasma. *Food Chemistry*, 59(3), 459-465.
- Sesmero, R, Quesada, M. A. & Mercado J. A. (2007). Antisense inhibition of pectate lyase gene expression in strawberry fruit: Characteristics of fruits processed into jam. *Journal of Food Engineering* Volume 79, Issue 1, 194-199.
- Shi, J., Le Maguer, M., Kakuda, Y. & Lipatay, A. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32(1), 15- 21.
- Weidenhagen, R. & Lorenz, S. (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido-fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlung-sprodukt der Saccharose, *Zeitschrift fur die Zuckerindustrie* 7, 533-534; und *Angewandte Chemie* 69, 641.
- Zhang, D. & Hamazu, Y. (2004). "Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking". *Food Chemistry*, 88, 503–509