



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

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

MÁSTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO:

ESTHER DOMÍNGUEZ ROMERO

DIRECTORA:

MARISA CASTELLÓ GÓMEZ

CODIRECTORA:

M^a DOLORES ORTOLÀ ORTOLÀ

CENTRO: IUIAD

Resumen

Cada vez es mayor el interés en el consumo de productos sanos, seguros y de elevada calidad nutricional y funcional proporcionando beneficios para el organismo. Por tanto, el continuo desarrollo de nuevos productos que mejoren estas propiedades en los productos tradicionales constituye uno de los objetivos prioritarios en la industria agroalimentaria. 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 untado de kiwi 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 ácido ascórbico (vitamina C) en los untados de kiwi estudiados. Los resultados obtenidos indican que en los untados formulados con isomaltulosa-fructosa el empleo de diferentes tratamientos térmicos provoca cambios importantes en los valores de todos los parámetros de color. Estos cambios se observan a partir de los 80°C, dando lugar a tonalidades más pardo-amarillas. Estos cambios no se observaron en los untados formulados con sacarosa. A nivel mecánico se observa que la combinación de isomaltulosa-fructosa proporciona menor consistencia y adhesividad al producto de kiwi para untar en comparación con la sacarosa. Por último el tratamiento térmico redujo considerablemente el contenido en vitamina C respecto al control (sin tratamiento) en ambos productos.

Palabras clave: kiwi, 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 temperatures used in traditional processes implies 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 kiwi of 50 Brix on physico-chemical characteristics, optical and mechanical properties as well as vitamin C contents. The influence of the sugar used in the formulation: isomaltulose-fructose or sucrose was also evaluated. The results indicated that the spreads isomaltulose-fructose made with the use

of different heat treatments causes changes in values of all parameters color. These changes are observed from 80 ° C, resulting yellow-brown hues. These no changes were observed in spreads made with sucrose. A mechanical level shows that the combination isomaltulose-fructose provides less consistency and adhesiveness to the product spreads compared kiwi with sucrose. Finally the heat treatment reduced considerably in vitamin C content compared to control (no treatment) in both products.

Keywords: kiwi, thermal treatment, isomaltulose

Resum

Cada vegada és més gran l'interès en el consum de productes sans, segurs i d'elevada qualitat nutricional i funcional proporcionant beneficis per a l'organisme. Per tant, el continu desenvolupament de nous productes que milloren aquestes propietats en els productes tradicionals constitueix un dels objectius prioritaris en la indústria agroalimentària. 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 endemés 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 untible de kiwi de 50 °Brix, similar a la melmelada tradicional però eliminant l'etapa de cocció. A més a més 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 vitamina C en els untibles de kiwi estudiats. Els resultats obtinguts indiquen que en els untibles formulats amb isomaltulosa-fructosa l'ús de diferents tractaments tèrmics provoca canvis importants en els valors de tots els paràmetres de color. Aquests canvis s'observen a partir dels 80°C, donant lloc a tonalitats més marró-groques. Aquest comportament no es van observar en els untibles formulats amb sacarosa. A nivell mecànic s'observa que la combinació de isomaltulosa-fructosa proporciona menor consistència i adhesivitat al producte de kiwi per untar en comparació amb la sacarosa. Finalment el tractament tèrmic va reduir considerablement el contingut en vitamina C respecte al control (sense tractament) en ambdós productes.

Paraules Claus: kiwi, tractament tèrmic, isomaltulosa

1. INTRODUCCIÓN

En el curso de los años, se ha registrado un incremento del interés hacia las frutas y hortalizas, ya que éstas desempeñan un papel muy importante en el equilibrio de la dieta humana. Tanto las frutas como las hortalizas son indispensables en una alimentación equilibrada como portadores principales de fibra, minerales y vitaminas; pero su consumo en fresco lleva consigo el inconveniente de ser perecederos, disponiéndose de frutas frescas durante períodos cortos de tiempo (Domínguez, 2009). Por ello, el desarrollo de nuevos productos formulados con frutas que mantengan, en la medida de lo posible las características del producto fresco, pero prologando su vida útil, podrían tener buena acogida entre los consumidores. Además de esta forma, se podría dar una salida a los excedentes de producción de frutas o a las categorías bajas que no son tan aceptadas por los consumidores. Concretamente, la elaboración de productos untables de kiwi similares a los de la mermelada tradicional, pero con tratamientos térmicos menos intensos, podrían ser una buena alternativa para ampliar la oferta de productos derivados de frutas. Esta alternativa da respuesta a la demanda actual del consumidor cuya preferencia son los alimentos seguros y de elevada calidad nutricional y funcional (Abdullah y Cheng, 2001).

En la elaboración de los nuevos 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 de temperatura-tiempo resulta interesante ya que se obtienen 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.

Las nuevas tendencias de consumo reflejan una reducción de la ingesta 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. 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.

Actualmente existen productos que sustituyen el azúcar común como es el caso de la isomaltulosa. 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 azúcar puede ayudar a reducir la respuesta glicémica e insulinémica del azúcar en sangre. Tiene solo un tercio del poder edulcorante de la sacarosa. 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 (Weidenhagen y Lorez, 1957). 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).

En los últimos años se ha incrementado el número de frutas tropicales en los mercados de Europa y América del Norte. La demanda de estas frutas aumentará con el tiempo tanto para el consumo en fresco, como para productos procesados. Además de poseer determinado valor nutricional, es incuestionable que este consumo se debe al aroma y sabor típico y exótico de tales frutas. Hoy en día, la producción de kiwi es muy elevada y los precios en los mercados han disminuido considerablemente. Según las fuentes estadísticas de la FAO (2008), teniendo en cuenta los datos económicos de producción y consumo de kiwi en nuestro país, puede verse que la producción de kiwi española en la campaña 2007/2008 alcanzó 14036 T, lo que convierte a nuestro país en el décimo productor mundial de kiwis.

El kiwi se caracteriza por un alto contenido en ácido ascórbico. Es el fruto más rico en vitamina C que se conoce (59-300 mg por 100 fruta, es decir diez veces más que el limón) (Moreiras *et al.*, 1996), lo que supone que tenga un elevado valor dietético por potenciar las defensas del organismo contra las enfermedades más corrientes del periodo invernal como resfriados y gripes. También presenta una gran cantidad de fibra y es muy digestivo debido a la actividad enzimática de una proteinasa (actinidina) que provoca la hidrólisis de proteínas. Además el elevado contenido de pectina del kiwi favorece la posibilidad de fabricación de mermeladas de este fruto (Martínez, 2001). Todo ello hace del kiwi una fruta perfecta para el desarrollo de un untable de kiwi renovando con ello la actual oferta de productos procesados.

El objetivo de este trabajo se centra en la etapa de tratamiento térmico del desarrollo de un untable de kiwi formulado con sacarosa o una mezcla de isomaltulosa-fructosa que permita alargar su vida. Concretamente, se analiza la influencia de la temperatura y duración del tratamiento térmico sobre las propiedades físico-químicas, ópticas y mecánicas así como sobre el contenido en ácido ascórbico (vitamina C).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección y acondicionamiento de la materia prima

Los experimentos se llevaron a cabo utilizando kiwis (*Actinia Chinensis*), adquirido siempre en la misma cadena de supermercados de la ciudad de Valencia, el mismo día de la realización de las experiencias. Se seleccionaron los kiwis en cuanto al estado de madurez, color y aspecto general con el objeto de obtener una mayor homogeneidad de las muestras de partida y reducir la variabilidad del resultado. Las muestras seleccionadas fueron peladas, cortadas y trituradas consiguiendo un puré homogéneo.

2.2. Proceso de elaboración

Los untables de kiwi fueron formulados mezclando la fruta 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 1.5% en peso y como conservante se utilizaron 500 ppm de sorbato potásico. No fue necesario la adición de ácido cítrico porque el pH del kiwi es inferior 3.5, lo cual garantiza la conservación del producto a nivel microbiológico (Coronado y Hilario, 2001). El producto se homogeneizó mediante una batidora durante 5 minutos para permitir una correcta estabilización del gel. Los untables fueron envasados en caliente 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 kiwi 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 un control para cada azúcar formulado 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. Todos los análisis se realizaron a las 24 horas de la elaboración del producto.

2.4.1. Determinación del contenido en agua

Para la determinación de la humedad, (expresada como fracción másica de agua $x_w = \text{kg agua} / \text{kg materia total}$) se siguió una adaptación del método 934.06 (AOAC, 2000) para frutas ricas en azúcar. Este método se basa en la determinación de la pérdida de peso de una muestra cuando se coloca en una estufa de vacío (P-SELECTA mod. Vaciotem-T) a una temperatura constante de 60°C y a una presión de 10 mmHg, permaneciendo hasta alcanzar un peso constante.

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 la a_w se realizaron por lectura directa a 25°C, en un higrómetro de punto de rocío marca “Aqualab” modelo CX-3 de sensibilidad 0.003 comprobando previamente su precisión con una disolución salina saturada de actividad de agua conocida ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $a_w = 0.981$).

2.4.4. Determinación de pH

El pH se determinó directamente sobre la muestra homogeneizada, con un pH-metro “Seven Easy”, con electrodo de contacto. Previamente a las medidas, el equipo fue calibrado con soluciones tampón de pH 7.00 y 4.00, a una temperatura de 25°C.

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 kiwi 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. Se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b* utilizando como referencia el observador 10° e iluminante D_{65} . Los valores de la luminosidad oscilan entre 0 y 100 y está relacionada con la claridad de la muestra. La coordenada a^* define la desviación hacia el rojo (cuando $a^* > 0$) o hacia el verde. La coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo (cuando $b^* > 0$) o hacia el azul (cuando $b^* < 0$).

A partir de los valores de L^* , a^* y b^* , se calcularon las coordenadas psicométricas: tono (h^*_{ab}) y croma (C^*_{ab}) definidas mediante las siguientes ecuaciones (ecuación I y ecuación II):

$$h^*_{ab} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Ecuación I}$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ecuación II}$$

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 émbolo 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.

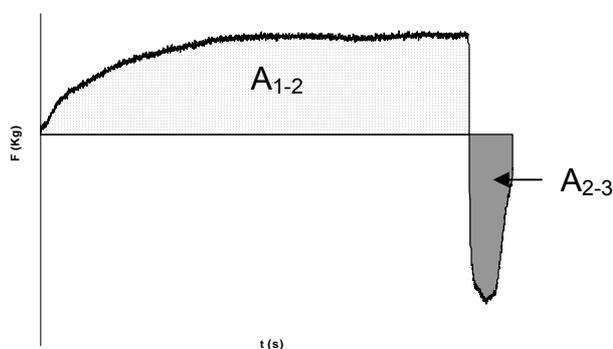


FIGURA 1. Curva tipo de Fuerza (N)-Tiempo (s) obtenida en el ensayo Back extrusion.

2.4.7. Determinación de Vitamina C (ácido ascórbico)

Esta determinación se determinó según el método oficial de la AOAC 967.21 (2000) basado en la acción reductora de la vitamina C sobre el colorante 2,6 diclorofenol indofenol. Para ello, se preparó una disolución de ácido metafosfórico al 25% en agua destilada y hervida (5 min a 100°C) con un agitador para facilitar la disolución. Adicionalmente fue necesario la valoración de una disolución del indicador 2,6 diclorofenol indofenol de 400 ppm con una

disolución patrón de ácido ascórbico de 250 ppm para obtener el factor de equivalencia. Para conseguir el pH adecuado de la disolución del indicador se añadió a la misma 20 ppm de bicarbonato sódico. La reacción redox finaliza con la aparición de una coloración rosa que persiste durante 30 segundos, siendo el volumen consumido de indicador hasta ese momento el que proporciona el factor de equivalencia.

La preparación de las muestras para su valoración consistió en homogeneizar una mezcla de 1.5 g de muestra y 8 mL de agua destilada en el ultraturrax y posterior centrifugación (15min a 15000 rpm). Del sobrenadante se recogieron 5 mL a los que se adicionaron 5 mL de disolución acuosa de ácido metafosfórico al 25% y se enrasaron a 25 mL con agua destilada y hervida. Las medidas de ácido ascórbico se realizaron valorando con 2,6 diclorofenol indofenol 10 mL de la disolución anterior. El resultado se expresó en mg de vitamina C/ 100 g de muestra.

2.5. Tratamiento estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics, plus versión 5.1 (2000), realizando un Análisis de la Varianza (ANOVA) utilizando un test de comparación múltiple, con un nivel de significación del 95% ($p < 0.05$) para evaluar las diferencias entre los distintos tratamientos y condiciones de almacenamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de los untables de kiwi

En la tabla 1 se presentan los resultados de las características composicionales (°Brix y humedad), actividad de agua y pH de los untables de kiwi formulados con sacarosa o mezcla de isomaltulosa-fructosa y sometidos a diferentes tratamientos térmicos.

Los distintos untables desarrollados presentaron un contenido en sólidos solubles medio de 49.65 (0.06) °Brix en el caso de los elaborados con isomaltulosa-fructosa y 51.3 (0.06) °Brix. Respecto a la humedad, los productos formulados con sacarosa alcanzaron 0.467 (0.006) g de agua / g y los formulados con isomaltulosa-fructosa 0.476 (0.012) En cuanto a los resultados de pH, aumentaron ligeramente los valores de kiwi fresco (3.39 (0.006)) a valores próximos a 3.46 (0.02), consecuencia del uso de los azúcares en el desarrollo de los untables. Puesto que los untables presentaron valores de pH inferiores a 3.5, se garantizaría la conservación del producto a nivel microbiológico (Coronado y Hilario, 2001). Así mismo la a_w mostró unos valores de 0.922 (0.0009) en el caso de los productos formulados con sacarosa y 0.913 (0.0008) en el caso de los productos formulados con isomaltulosa-fructosa lo que pone de manifiesto que el poder reductor de los azúcares empleados sobre la actividad de agua fue similar en ambos casos.

TABLA 1. Características fisicoquímicas de los diferentes productos de kiwi untable en función de los diferentes tratamientos térmicos (temperatura °C y tiempo de tratamiento térmico (min)) y la formulación empleada.

Azúcar	Tª (°C)	Tiempo (min)	°Brix	x_w	a_w	pH	
SACAROSA	Control	0	51,27 ^a (0,06)	0,472 ^a (0,003)	0,920 ^a (0,0006)	3,47 ^a (0,006)	
	80	5	51,07 ^a (0,06)	0,478 ^a (0,007)	0,921 ^a (0,0006)	3,45 ^a (0,00)	
		10	51,23 ^a (0,15)	0,463 ^a (0,012)	0,922 ^a (0,000)	3,45 ^a (0,00)	
		15	51,27 ^a (0,06)	0,469 ^a (0,0104)	0,922 ^a (0,0006)	3,48 ^a (0,006)	
		20	51,37 ^a (0,06)	0,462 ^a (0,006)	0,924 ^a (0,0006)	3,49 ^a (0,00)	
	90	5	51,23 ^a (0,06)	0,462 ^a (0,0002)	0,922 ^a (0,0006)	3,45 ^a (0,006)	
		10	51,07 ^a (0,06)	0,466 ^a (0,008)	0,922 ^a (0,002)	3,46 ^a (0,006)	
		15	51,23 ^a (0,06)	0,469 ^a (0,01105)	0,920 ^a (0,0006)	3,45 ^a (0,00)	
		20	51,37 ^a (0,06)	0,466 ^a (0,003)	0,922 ^a (0,002)	3,44 ^a (0,006)	
	100	5	51,93 ^b (0,06)	0,456 ^a (0,002)	0,922 ^a (0,0006)	3,46 ^a (0,00)	
		10	51,43 ^b (0,06)	0,468 ^a (0,008)	0,921 ^a (0,002)	3,46 ^a (0,006)	
		15	51,53 ^b (0,06)	0,474 ^a (0,004)	0,920 ^a (0,002)	3,45 ^a (0,01)	
		20	51,53 ^b (0,06)	0,460 ^a (0,002)	0,922 ^a (0,002)	3,45 ^a (0,006)	
	ISOMALTULOSA Y FRUCTOSA	Control	0	50,07 ^c (0,06)	0,483 ^b (0,007)	0,911 ^b (0,001)	3,42 ^a (0,00)
		80	5	49,63 ^c (0,06)	0,490 ^b (0,008)	0,914 ^b (0,0006)	3,45 ^a (0,00)
			10	49,57 ^c (0,06)	0,473 ^b (0,004)	0,911 ^b (0,0006)	3,45 ^a (0,00)
15			49,57 ^c (0,06)	0,481 ^b (0,0008)	0,912 ^b (0,001)	3,48 ^a (0,006)	
20			49,60 ^c (0,17)	0,488 ^b (0,005)	0,912 ^b (0,0012)	3,49 ^a (0,00)	
90		5	50,03 ^c (0,06)	0,473 ^b (0,004)	0,914 ^c (0,001)	3,45 ^a (0,006)	
		10	49,63 ^c (0,06)	0,480 ^b (0,0008)	0,914 ^c (0,0006)	3,46 ^a (0,006)	
		15	49,53 ^c (0,06)	0,458 ^b (0,042)	0,915 ^c (0,001)	3,45 ^a (0,00)	
		20	49,53 ^c (0,12)	0,431 ^b (0,074)	0,913 ^c (0,0006)	3,44 ^a (0,006)	
100		5	49,43 ^c (0,06)	0,480 ^b (0,004)	0,912 ^b (0,0006)	3,46 ^a (0,00)	
		10	49,53 ^c (0,06)	0,485 ^b (0,003)	0,911 ^b (0,001)	3,46 ^a (0,006)	
		15	49,93 ^c (0,06)	0,475 ^b (0,003)	0,914 ^b (0,0006)	3,45 ^a (0,01)	
		20	49,43 ^c (0,06)	0,495 ^b (0,004)	0,910 ^b (0,0012)	3,45 ^a (0,006)	

Los valores entre paréntesis indica la desviación estándar. Las letras en superíndice indican los grupos homogéneos.

De acuerdo al análisis estadístico, los resultados de humedad se agruparon en dos grupos homogéneos según el azúcar empleado en la formulación. Para los °Brix, además se observó otro grupo homogéneo que representa a las muestras formuladas con sacarosa y tratadas a 100 °C. En el caso de la a_w , también se observó otro grupo homogéneo para las muestras formuladas con isomaltulosa-fructosa tratadas a 90°C. Por otra parte, no se

encontraron diferencias significativas en los resultados de pH entre todos los tratamientos estudiados en los untables de kiwi. Respecto al tiempo de tratamiento, no se observó un efecto significativo del mismo en la composición, a_w y pH para las muestras estudiadas.

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

Las figuras 2 y 3 muestran la representación de los valores de las coordenadas de color L^* , a^* , b^* y el parámetro tono de los productos untables analizados en los planos cromáticos $L^* h^*$ y $b^* a^*$, respectivamente. Tal y como se puede observar en las figuras 2 y 3 en los untables formulados con isomaltulosa-fructosa el empleo de diferentes tratamientos térmicos provoca cambios importantes en los valores de todos los parámetros de color, observándose estos cambios a partir de los 80°C independientemente del tiempo empleado para cada tratamiento. Los resultados de los parámetros colorimétricos son del mismo orden que los obtenidos para una mermelada de kiwi de concentración en sólidos solubles similar a la estudiada en este trabajo y obtenida mediante un proceso de osmodeshidratación y posterior homogeneización a 80 °C (García-Martínez *et al.*, 2002).

En lo que respecta a la luminosidad del producto, el azúcar empleado y sobre todo la temperatura (mayor valor de cociente-F) sí que afectó significativamente a la luminosidad en los untables, tal y como se refleja en el análisis estadístico (tabla 2), no siendo relevante el tiempo empleado en cada tratamiento térmico. De esta forma, en los productos formulados con sacarosa se observa un aumento en el parámetro L^* a partir de los 100°C en cambio en los productos formulados con isomaltulosa-fructosa este aumento no se aprecia. En ambos untables los valores de L^* se sitúan por encima del control (sin tratamiento térmico), es decir, que el empleo de temperatura tanto en sacarosa como en isomaltulosa-fructosa conlleva un ligero aumento en los valores de luminosidad.

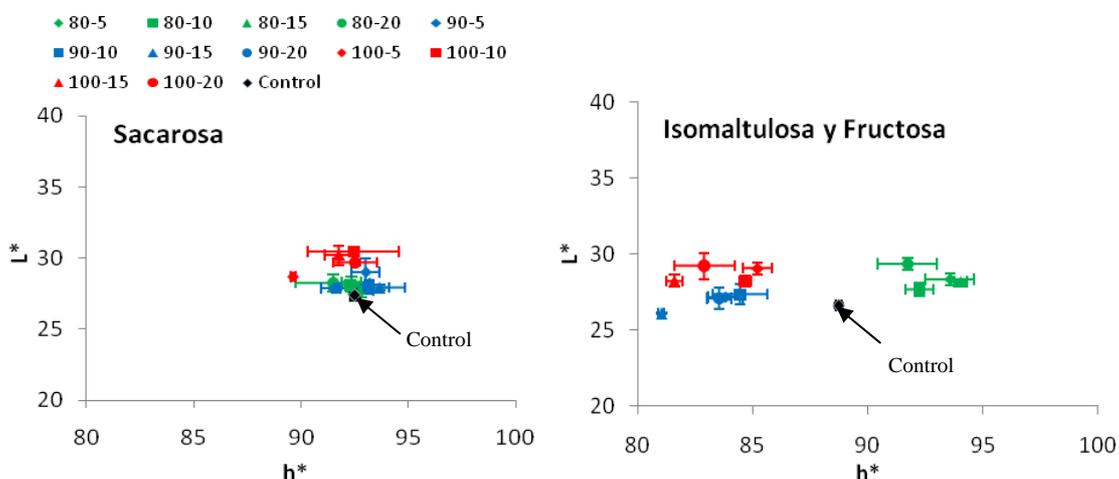


FIGURA 2. Plano cromático $L^* - h^*$ de kiwi para untar dependiendo del tratamiento térmico y los azúcares utilizados en la formulación (codificación de la leyenda de las series de datos: T (°C)- tiempo (min)).

En la figura 3 se puede observar el efecto de las variables del tratamiento térmico y del tipo de azúcar sobre los parámetros colorimétricos a^* y b^* . En el caso de los productos formulados con sacarosa se puede observar que a partir de los 100°C los valores en el parámetro b^* y a^* tienden a disminuir situándose por debajo del control. Con ello se obtienen colores más pardo-amarillos y menos verdosos. El atractivo color verde que posee el kiwi está relacionado principalmente por su contenido en clorofila (Schwartz, *et al.*, 1999). La clorofila es muy lábil a la exposición de la luz, calor, oxígeno, provocando su degradación química (Schwartz y Von Elbe, 1983). Además se ha demostrado que la degradación de este compuesto aumenta conforme aumenta la acidez total (Swihart, *et al.*, 1999). De hecho se observa un aumento en la acidez total como consecuencia de la concentración de los ácidos orgánicos presentes en los untables de kiwi con respecto a la fruta fresca (tabla 1). Trabajos realizados en pulpa concentrada de kiwi sometida a tratamiento térmico (Robertson, 1985; Venning *et al.*, 1989; Schwartz y Lorenzo, 1990), encontraron que la clorofila se degrada transformándose en feofitina, como consecuencia del reemplazo del ión Mg^{2+} del anillo tetrapirrólico de la clorofila por dos iones hidrógeno, cambiando el color de verde brillante a pardo oliva (Gross, 1991). Este viraje de color también parece estar relacionado con reacciones de oxidación enzimática de precursores fenólicos incoloros (Canjura *et al.*, 1991) catalizadas por los ácidos presentes en el tejido vegetal.

En el caso de los productos formulados con isomaltulosa-fructosa se observa una clara diferencia a partir de los 80 °C produciéndose un aumento en los valores del parámetro a^* dando lugar a tonalidades más pardo-amarillas (Barth *et al.*, 1992; Steet y Tong, 1996; Weemaes *et al.*, 1999; Schmalko y Alzamora, 2001). Este aumento no se observa en los productos formulados con sacarosa, con lo que se puede concluir que la mezcla isomaltulosa-fructosa es más sensible al calor (principalmente a partir de 80 °C). Sin embargo, siempre y cuando se optimice el tratamiento térmico empleando temperaturas inferiores a 80 °C, sería posible obtener un producto formulado con isomaltulosa-fructosa sin degradar el color. Tal y como refleja el análisis estadístico, tanto el azúcar empleado como la temperatura afectan significativamente a los valores de a^* y de b^* (tabla 2), si bien el tipo de azúcar resultó ser el parámetro responsable principalmente del cambio de estas coordenadas y en especial del parámetro a^* (valor de F-cociente del tipo de azúcar muy superior para este parámetro con respecto al resto).

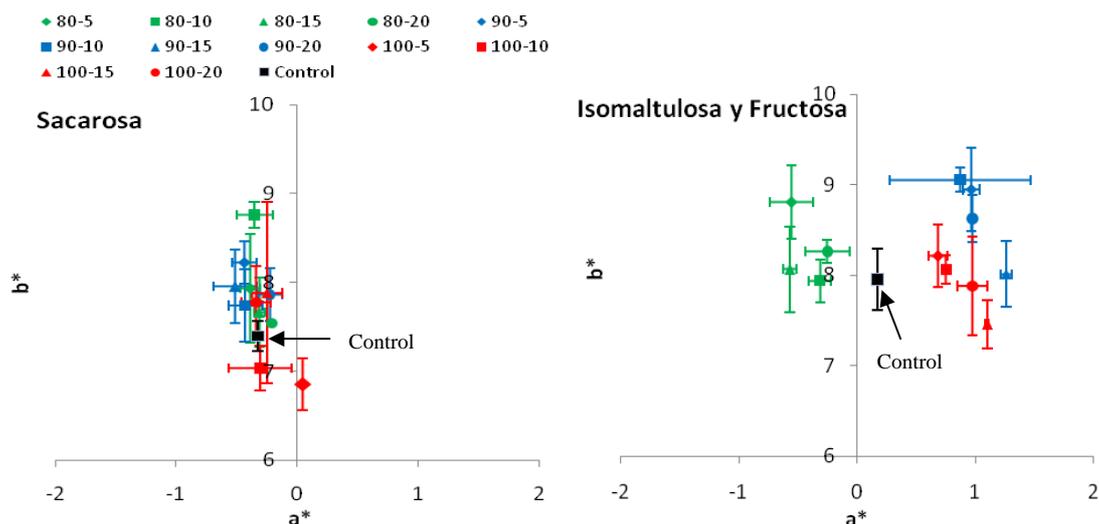


FIGURA 3. Plano cromático b*- a* de kiwi para untar en función del tratamiento térmico y los azúcares utilizados en la formulación (codificación de la leyenda de las series de datos: T (°C)- tiempo (min)).

Las variables de proceso también afectaron, en consecuencia, de forma estadísticamente significativa, al tono (h^*) y croma (C^*) de las muestras (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 kiwi.

<i>Principales efectos</i>	L^*		a^*		b^*		C^*		h^*	
<i>Tipo de azúcar (A)</i>	38.72	***	704.36	***	24.73	***	55,72	***	650.84	***
<i>Temperatura (B)</i>	76.25	***	233.02	***	14.57	***	1,22	N.S.	205.61	***
<i>Tiempo (C)</i>	2.52	N.S.	3.32	*	1.90	N.S.	39,79	***	4.01	*
<i>Interacciones</i>										
<i>AB</i>	20.33	***	236.30	***	1.39	N.S.	15,46	***	207.79	***
<i>AC</i>	7.40	***	5.08	**	3.77	*	10,07	***	6.47	***
<i>BC</i>	4.52	***	2.98	*	1.58	N.S.	11,9	***	3.63	**
<i>ABC</i>	4.56	***	6.03	***	4.19	**	11,28	***	6.47	***

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

Por último, en la figura 4 se muestran a modo de ejemplo, imágenes de untables de kiwi obtenidos a diferentes condiciones de tratamiento térmico. Tal y como se ha comentado con anterioridad, los untables formulados con la mezcla isomaltulosa-fructosa y tratados térmicamente a una temperatura inferior a 80 °C presentan un color más verdoso y por tanto, más atractivo para el consumidor.

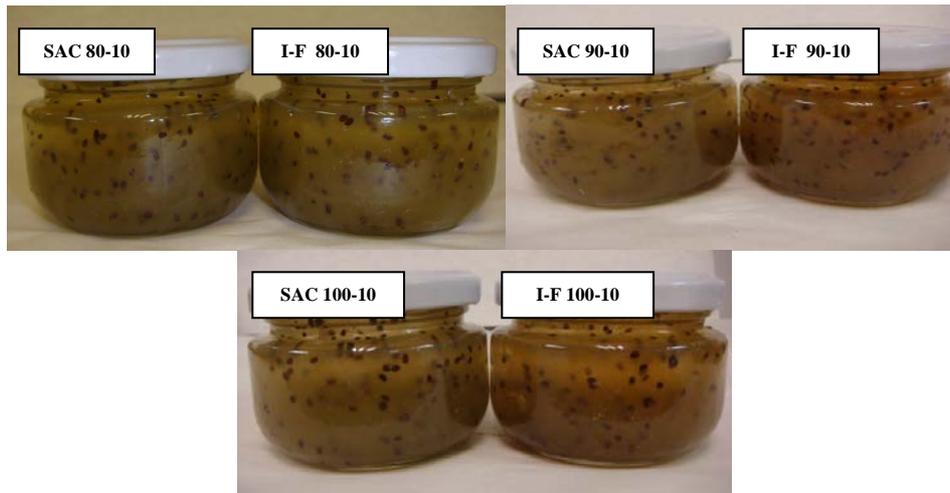


FIGURA 4. Ejemplo de los untables de kiwi obtenidos con las diferentes formulaciones (sacarosa (SAC) e isomaltulosa-fructosa (I-F)) y los diferentes tratamientos térmicos a 10min.

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

La textura de un producto alimenticio como el estudiado en este trabajo se encuentra muy ligada al tratamiento térmico aplicado, tanto por la temperatura como por el tiempo de exposición al cual se somete dicho producto. Además, debido al gelificante añadido (pectina 1.5%) 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 y 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. El análisis estadístico de los resultados (ANOVA) permite afirmar que tanto el tipo de agente osmótico como la temperatura empleada influyen significativamente en la textura de los untables de kiwi analizados (tabla 3).

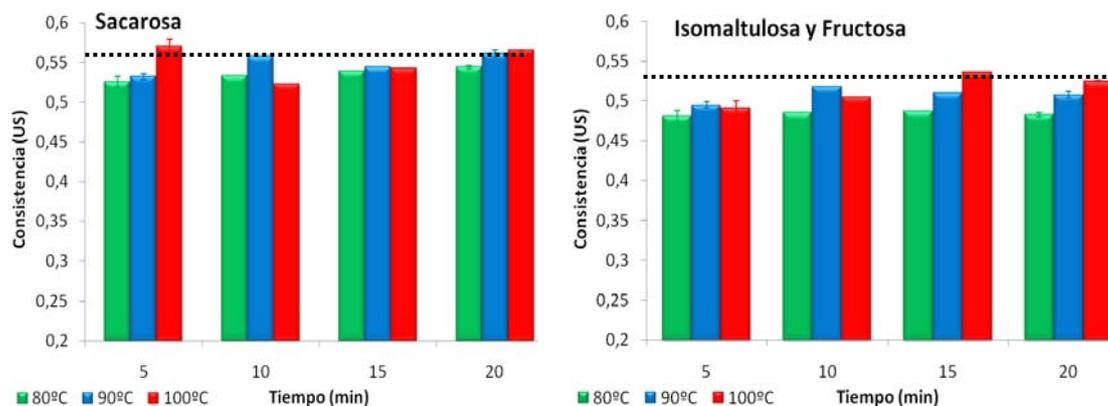


FIGURA 5. Valores de adhesividad (US) obtenidos a partir del ensayo Back-extrusion de los untables formulados con sacarosa o isomaltulosa-fructosa y tratados térmicamente. Los valores de control (producto untable sin tratamiento térmico) se encuentran indicados por medio de las líneas discontinuas respectivas.

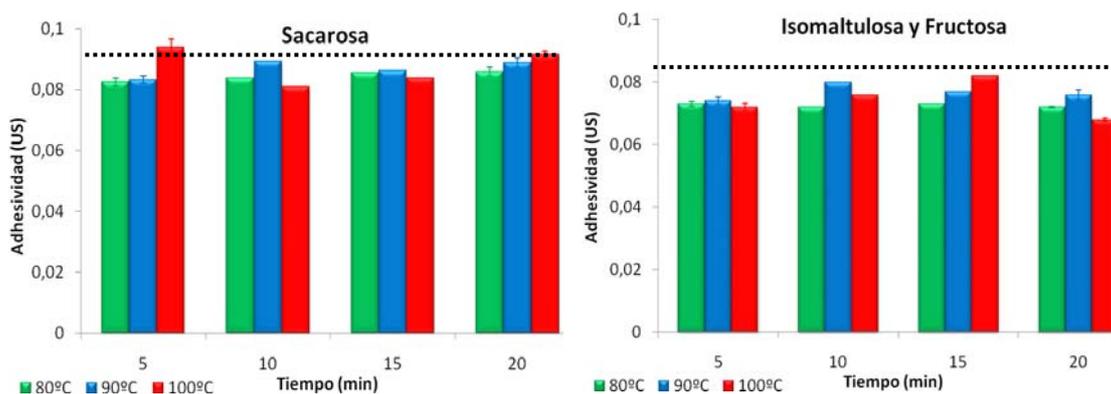


FIGURA 6. Valores de adhesividad (US) obtenidos a partir del ensayo Back-extrusion de los untables formulados con sacarosa o isomaltulosa-fructosa y tratados térmicamente. Los valores de control (producto untable sin tratamiento térmico) se encuentran indicados por medio de las líneas discontinuas respectivas.

Tal y como se puede observar, los untables de kiwi tratados térmicamente presentan valores ligeramente inferiores o similares de consistencia e inferiores de adhesividad que el control (sin tratamiento térmico tras el envasado en caliente), excepto en algunos casos en que son tratados térmicamente a 100 °C. Concretamente, el untable de kiwi que presenta mayor consistencia y adhesividad en el conjunto de los productos estudiados fue el tratado térmicamente a 100 °C, en el caso de los untables formulados con sacarosa los que estuvieron expuestos 5 min y en el caso de los formulados con isomaltulosa-fructosa los que tuvieron un tiempo de exposición de 15min. 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 a 60 °Brix cuando se aplican temperaturas superiores (Basu y Shivhare, 2010).

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 consistencia y adhesividad en los untables de kiwi.

Principales efectos	Consistencia		Adhesividad	
	F	Signif.	F	Signif.
Tipo de azúcar (A)	344.25	***	439.71	***
Temperatura (B)	36.29	***	11.95	***
Tiempo (C)	8.19	***	1.24	N.S
Interacciones				
AB	3.94	*	1.88	N.S
AC	5.86	**	13.65	***
BC	5.77	***	5.70	***
ABC	5.90	***	9.96	***

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

En cuanto al tipo de azúcar se refiere, se observa que la combinación de la isomaltulosa-fructosa proporciona menor consistencia y adhesividad al producto de kiwi para untar en comparación con la sacarosa tal y como confirmaron adicionalmente los gráficos de interacción obtenidos a partir del análisis estadístico (ANOVA multifactor) (figura 7).

Interacciones y 95.0 Porcentajes Intervalos LSD Interacciones y 95.0 Porcentajes Intervalos LSD

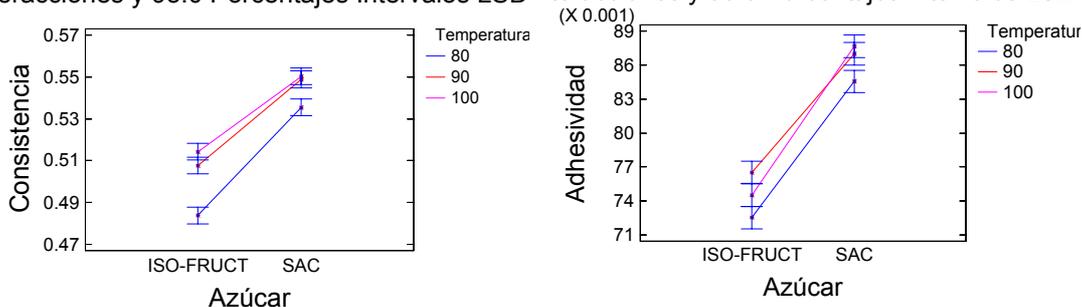


FIGURA 7. Gráficos de interacción tipo de azúcar-temperatura obtenidos a partir del ANOVA multifactorial realizado para los datos de cohesividad y adhesividad de los untables de kiwi estudiados.

3.4. Evolución del contenido en Vitamina C después de los diferentes tratamientos térmicos

El ácido ascórbico es uno de los nutrientes presente en frutas y hortalizas más sensibles a la temperatura, pH y luz. De hecho, operaciones como el cortado, pelado o la desestructuración de las frutas y hortalizas, sin ni tan siquiera aplicación de calor, implican pérdidas considerables (Peinado *et al.*, 2007). La pérdida de vitamina C se debe básicamente a la degradación química que sufre dicho componente debido a la oxidación promovida por el enzima ascorbato oxidasa (Zanoni *et al.*, 1999). Por otro lado, la ruptura de la compartimentalización acelera su destrucción, ya que se facilita el acceso del oxígeno a la matriz vegetal.

En el gráfico de barras (figura 8) se muestra el contenido en ácido ascórbico (mg en 100 gramos de producto) respecto al control (tras el envasado), en función de los diferentes tratamientos térmicos realizados y del azúcar utilizado en la formulación. El análisis estadístico realizado indicó que únicamente el efecto de la temperatura fue significativo ($p\text{-value} < 0.001$). En este sentido, en la figura 9 se presenta el gráfico de interacción azúcar empleado en la formulación y temperatura respecto a la cantidad de vitamina C en los distintos productos untables de kiwi. Como era de esperar en ambos azúcares se produjo una reducción del contenido en vitamina C respecto al control (sin tratamiento) al aplicar calor al producto. Esta reducción fue proporcional a la temperatura. Como se ha comentado anteriormente esta disminución es debida a la sensibilidad de la vitamina C al calor (Peinado *et al.*, 2007).

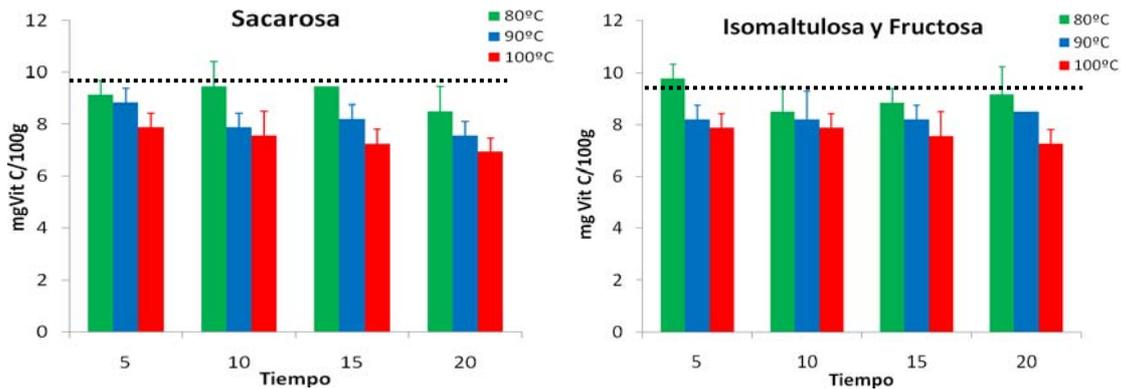


FIGURA 8. Valores de vitamina C (mg en 100 gramos de producto) en kiwi para untar con respecto al untable control según el tratamiento térmico y el tipo de azúcar. Las líneas discontinuas indican el contenido en vitamina C en los productos para untar sin tratamiento térmico para cada formulación.

Interacciones y 95.0 Porcentajes Intervalos LSD

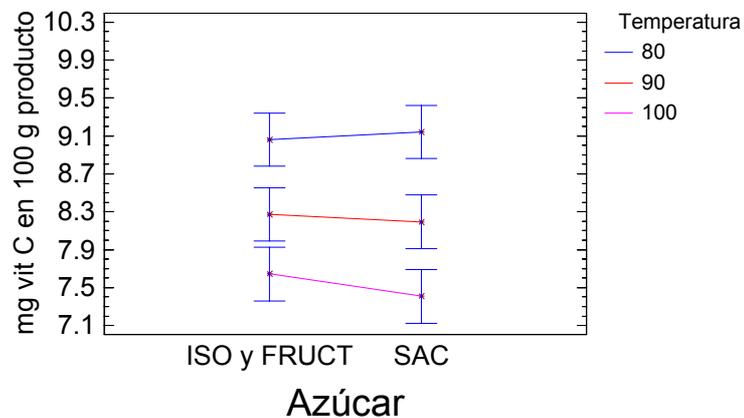


FIGURA 9. Gráfico de interacción del efecto de la temperatura de tratamiento térmico y el azúcar empleado en la formulación de untables de caqui sobre el contenido de vitamina C (mg en 100 gramos de producto) en kiwi.

Por último, indicar que aunque el valor de vitamina C de estos productos untables de kiwi es bastante inferior al del kiwi fresco, con valores próximos a 70 mg/100 gramos, aún tendrían un alto contenido de vitamina C comparable al de otras frutas frescas (8 mg/100 g en manzana, 4 mg/100 g en pera o 5 mg/100 g en ciruela, etc.) (Gloria y González, 2003). Así pues, los resultados obtenidos son coherentes con los obtenidos en otros estudios que evidenciaron una significativa pérdida de ácido ascórbico tanto más acusada conforme aumentó la temperatura, la presencia de oxígeno y tiempo del tratamiento (Burg y Fraile, 1995; Zanoni *et al.*, 1999; Lavelli *et al.*, 1999; Murcia *et al.*, 2000; Dewanto *et al.*, 2002; Chang *et al.*, 2006).

4. CONCLUSIONES

El tratamiento térmico en los untables formulados con isomaltulosa-fructosa provoca cambios importantes en los valores de todos los parámetros de color, observándose estos cambios a partir de los 80°C independientemente del tiempo empleado, dando lugar a tonalidades más pardo-amarillas. Este aumento no se observa en los productos formulados con sacarosa, con lo que se puede concluir que la mezcla isomaltulosa-fructosa es más sensible al calor (principalmente a partir de 80 °C). En cuanto a la textura, la combinación de isomaltulosa-fructosa proporciona menor consistencia y adhesividad al producto de kiwi para untar en comparación con la sacarosa. Respecto al contenido en vitamina C en ambos azúcares se produjo una reducción respecto al control (sin tratamiento) al aplicar calor al producto. Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la combinación de isomaltulosa-fructosa podría ser una buena alternativa de sustitución del azúcar común en la elaboración de productos untables de kiwi, si bien la isomaltulosa confiere una textura más fluida. El tratamiento térmico menos intenso (80°C-5min) sería el más apropiado para mantener el color y mayor contenido en vitamina C, 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.
- A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC Internacional* (17th edition). Gaithersburg, MD, USA.
- Barez, J.A.G.; Villanova, R.J.G.; Garcia, S.E.; Palá, T.R.; Páramas, A.M.G.; Sánchez, J.A.G. (2000). Geographical discrimination of honeys through the employment of sugar patterns and common chemical quality parameters. *European Food Research and Technology*, 210, 437-444.
- Barth, M.M.; Perry, A.K.; Schmidt, S.J.; Kein, B.P. (1992). Misting affects market quality and enzyme activity of broccoli during retail storage. *Journal of food Science*, 58, 1397-1400.
- Base de datos estadísticos de la FAO, 2008. <http://www.fao.org>.
- Basu, S.; Shivhare, U.S. (2010). Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 100, 357-365.
- Benito, 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 untable de tomate. Tesis de máster en gestión y seguridad alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia.
- Burg, P.; Fraile, P. (1995). Vitamin c destruction during the cooking of a potato dish. *Food Science and Technology*, 28, 506-514.
- Chang, C.H.; Lin, H.Y.; Chang, C.H.; Liu, H.C. (2006). Comparison on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77, 478-485.

- Dewanto, V.; Wu, X.Z.; Adom, K.K.; Liu, R.H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3010-3014.
- Domínguez, E. (2009). Desarrollo y caracterización de un producto untible de caqui. Proyecto fin de carrera. Universidad Politécnica de Valencia.
- Canjura, F.L.; Schwartz, S.J.; Nunes, R.V. (1991). Degradation kinetics of chlorophylls and chlorophyllides. *Journal of Food Science*, 56, 1639-1643.
- Castelló, M. (2007). Efecto de las condiciones de operación en los cambios fisicoquímicos y fisiológicos de frutas mínimamente procesadas por deshidratación osmótica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Coronado y 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.
- Gloria, M.; González, M. 2003. Productos hortofrutícolas mínimamente procesados.
- Gross, J. (1991). Pigments in Vegetables, 3-71.
- 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.
- Lavelli, V.; Hippeli, S.; Peri, C.; Elstner, E.F. (1999). Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3826-3831.
- Lina, B.A.R.; Jonker, G.; Kozianowski, G. (2002). Isomaltulose (PalatinoseRa review of biological and toxicological studies). *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1375-1381.
- Low, N.H.; Sporns, P. (1988). Analysis and quantitation of minor di- and trisaccharides in honey, using capillary gas chromatography. *Journal of Food Science*. 53, 558-561.
- Martínez, E. (2001). Aplicación de la deshidratación osmótica de kiwi para la elaboración de mermelada por métodos no convencionales. Proyecto fin de carrera. Universidad Politécnica de Valencia.
- Moreiras, O.; Carvajal, A.; Cabrera, L. (1996). Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide, S.A.
- Murcia, M.A.; Lopez-Ayerra, B.; Martínez-Tome, M.; Vera, A.M.; García-Carmona, F. (2000). Evolution of ascorbic acid and peroxidase during industrial processing of broccoli. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1882-1886.
- Peinado, I.; Heredia, A.; Andrés, A. (2007). Influencia de la condiciones de deshidratación en los niveles de compuestos con actividad antioxidante del tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). Tesis de máster en gestión y seguridad alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia.
- Robertson, G. (1985). Changes in the chlorophyll and pheophytin concentrations kiwifruit during processing and storage. *F Chem*, 17, 25-32.
- Schmalko, M.E.; Alzamora, S.M. (2001). Color, chlorophyll, caffeine and water content variation during yerba mate processing. *Drying Technology*, 19, 599-610.

- Schwartz, S.; Von Elbe, J. (1983). Kinetic of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables. *Journal of Food Science*, 48, 1303-1306.
- Schwartz, S.; Lorenzo, T. (1990). Chlorophyll in food. *Food Science and Nutrition*, 29, 1-13.
- Schwartz, M.; Hugo, N.K.; Ana Maria M.A. (1999). Efecto de la temperatura de concentración de pulpa de kiwi sobre el color, clorofila y ácido ascórbico. *Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 49.
- 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*, 79, 194-199.
- Siddiqui, I.R.; Furgala, B. (1967). Isolation and characterization of oligosaccharides from honey. Part I. Disaccharides. *Journal of Agricultural Research*, 6, 139-145.
- Stee, J.A.; Tong, C.H. (1996). Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food Science*, 61, 924-927.
- Venning, J.; Burns, D.; Hoskin, K.; Nguyen, T.; Stec, M. (1989). Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. *Journal of Food Science*, 54, 396-404.
- Weemaes, C.A.; Ooms, V.; Loey, A.M.; Hendrickx, M.E. (1999). Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2404-2409.
- Weidenhagen, R.; Lorenz, S. (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido-fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlung-sprodukt der Saccharose, *Zeitschrift für die Zuckerindustrie*, 7, 533-534; und *Angewandte Chemie*, 69, 641.
- Zanoni, B.; Peri, C.; Nani, R.; Lavelli, V. (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*, 31, 395-401.