



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

INFLUENCIA DEL MÉTODO DE ELABORACIÓN Y DEL TIPO DE AZÚCARES EN LAS PROPIEDADES ÓPTICAS Y EN LA TEXTURA DE UN PRODUCTO UNTABLE DE TOMATE

MASTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Alumna:

Lidia Benito Sanjurjo

Directora:

Ana Andrés Grau

Codirectora:

Ana Heredia Gutiérrez

Tutoras experimentales:

Estela Rosa Barbosa

Irene Peinado Pardo

Centro: IUIAD

INFLUENCIA DEL MÉTODO DE ELABORACIÓN Y DEL TIPO DE AZÚCARES EN LAS PROPIEDADES ÓPTICAS Y EN LA TEXTURA DE UN PRODUCTO UNTABLE DE TOMATE.

Benito, L., Peinado, I, Rosa, E. Heredia A. y Andrés, A.,

RESUMEN

Cada vez es más habitual la demanda de alimentos bajos en calorías y que no provoquen ciertos efectos indeseables relacionados con el consumo del azúcar común como pueden ser el desarrollo de caries o la diabetes. Por tanto, el continuo desarrollo de nuevos productos que satisfagan todas estas expectativas del consumidor constituye uno de los objetivos prioritarios en la industria agroalimentaria.

En este trabajo se plantea el desarrollo de un producto untable de tomate como alternativa a las mermeladas tradicionales formulado con azúcares saludables. Se trata, por un lado, de un producto con un alto porcentaje de tomate, y en consecuencia en nutrientes provenientes de éste como es el caso de, ácidos diversos, vitaminas, minerales, aminoácidos, antioxidantes etc., con características de color, sabor y aroma típicos del producto fresco. Por otro lado, al contener isomaltulosa, puede ayudar a reducir la respuesta glicémica e insulinémica que provocan determinados alimentos.

En este estudio se realizaron diferentes productos untables en función del tipo de elaboración, tipo de agente osmótico y porcentaje de pectina. Una vez obtenidos los diferentes productos se realizaron análisis de sus propiedades físico-químicas: contenido en humedad, sólidos solubles, actividad de agua y pH, así como análisis de color, textura (ensayo de back extrusion) y ensayos estáticos y dinámicos de reología. Los resultados pusieron de manifiesto la viabilidad del proceso de deshidratación por vía seca así como el uso de isomaltulosa en la producción de este tipo de productos.

El presente trabajo se engloba dentro del proyecto “Optimización del uso de la isomaltulosa, como azúcar natural no cariogénico y de bajo índice glicémico en el desarrollo de productos untables de frutas. (AGL2008-01745/ALI)” financiado por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación

PALABRAS CLAVE: tomate, isomaltulosa, color, textura y reología.

ABSTRACT

More and more the demand on low calorie foods and without undesirable effects related to the consumption of sugar as tooth decay or diabetes is more usual. Therefore, the continuous development of new products that satisfy all these consumer's prospects represents one of the high-priority objectives in the agricultural and food industry.

On this work the development of a spread tomato product with healthy sugars as an alternative to traditional jams is considered. It is obtained a high

tomato percentage product, and consequently high original tomato nutrients as acids, vitamins, minerals, aminoacids, antioxidants, with color, flavor and aroma typical of the fresh product. On the other hand, it has isomaltulose, which can help to reduce glycemic and insulinemic answer.

In this study different spread products based on the elaboration type, kind of osmotic agent and pectin percentage were elaborated. Once the different products were obtained, some analyses about their physico-chemical properties such as soluble solids content, moisture, water activity and pH were performed, as well as static and dynamic analyses of colour, texture (test of back extrusion) and tests of rheology. The results showed the viability of the process of dehydration by dry way as well as the use of isomaltulose on the making of this sort of products.

The present work is included on the project "Optimizaci3n del uso de la isomaltulosa, como azúcar natural no cariogénico y de bajo índice glicémico en el desarrollo de productos untables de frutas. (AGL2008-01745/ALI)" financed by the main research management of the Science and Innovation Ministry.

KEY WORDS: tomato, isomaltulose, color, texture and rheology.

RESUM

Cada vegada és més habitual la demanda d'aliments baixos en calories i que no provoquen certs efectes indesitjables relacionats amb el consum del sucre comú com poden ser el desenvolupament de caries o la diabetis. Per tant, el continu desenvolupament de nous productes que satisfaguen totes aquestes expectatives del consumidor constitueix un dels objectius prioritaris en la indústria agroalimentària. En aquest treball es planteja el desenvolupament d'un producte untable de tomaca com alternativa a les melmelades tradicionals formulat amb sucres saludables. Es tracta, d'una banda, d'un producte amb un alt percentatge de tomaca, i en conseqüència en nutrients provinents d'aquesta com és el cas de, àcids diversos, vitamines, minerals, aminoàcids, antioxidants etc., amb característiques de color, sabor i aroma típics del producte fresc. D'altra banda, al contenir isomaltulosa, pot ajudar a reduir la resposta glicèmica i insulinèmica que provoquen determinats aliments. En aquest estudi es van realitzar diferents productes untables depenent del tipus d'elaboraci3n, tipus d'agent osmòtic i percentatge de pectina. Una vegada obtinguts els diferents productes es van realitzar anàlisis de les seues propietats físico-químiques: contingut en humitat, sòlids solubles, activitat d'aigua i pH, així com anàlisis de color, textura (assaig de back extrusion) i assajos estàtics i dinàmics de reologia. Els resultats van posar de manifest la viabilitat del procés de deshidrataci3n per via seca així com l'ús de isomaltulosa en la producci3n d'aquest tipus de productes. El present treball s'engloba dins del projecte "Optimitzaci3n de l'ús de la isomaltulosa, com a sucre natural no cariogénic i de baix índex glicémic en el desenvolupament de productes untables de fruites. (AGL2008-01745/ALI)" finançat per la Direcci3n general d'Investigaci3n del Ministeri de Ciència i Innovaci3n.

PARAULES CLAU: Tomaca, isomaltulosa, color, textura i reologia.

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez más, el consumidor prefiere alimentos de gran calidad, seguros y con óptimo balance nutricional (Abdullah y Cheng, 2001). En ese sentido, 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 mismos 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 opción de cara a satisfacer estas nuevas tendencias de consumo. Dichos productos podrían considerarse como una alternativa a las mermeladas tradicionales en cuyo proceso de producción se aplica un tratamiento térmico para concentrar el contenido en azúcar que en la mayoría de los casos implica un detrimento en muchos aspectos cualitativos de este producto. En cambio, en el proceso de producción de untables, el proceso de cocción es eliminado, y en su lugar se hace uso de la deshidratación osmótica. De este modo, se consigue, ofrecer a los consumidores productos que presentan un alto contenido en fruta y que conservan mejor las características de frescura así como una vida útil relativamente larga.

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 (6.530.162 t.), (FAOSTAT, 2007).

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 anteriores datos 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. En ese aspecto el tomate constituye una fuente importante de compuestos antioxidantes (Raffo *et al.*, 2006). Estudios epidemiológicos 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 Hamazu, 2004).

Teniendo en cuenta estos datos, los productos untables de tomate permitirían ampliar la oferta de comercialización de esta hortaliza en el mercado, que en general se consume fresco o en conservas de larga duración.

La deshidratación osmótica utilizada para la producción de este tipo de productos, es una de las técnicas de conservación más utilizada, ya que permite disminuir el contenido en agua de frutas y hortalizas sin someterlas a temperaturas elevadas y por tanto conservando mejor sus características sensoriales, como color, aroma o textura y preservando, además su valor nutricional (Dixon y Jen, 1977). Desde la perspectiva de la estabilización de este tipo de compuestos, la aplicación de la deshidratación osmótica en frutas, abre un abanico de posibilidades en el desarrollo de nuevos productos, proporcionando una buena calidad sensorial y nutritiva al producto final (Escriche et al., 2000).

El adecuado manejo de las variables de proceso (fundamentalmente composición de la disolución osmótica, temperatura y relación fruta/disolución) permite seleccionar para cada tipo de fruta las condiciones óptimas de proceso que maximicen la pérdida de agua controlando la difusión de azúcares. Existen algunos trabajos sobre la aplicación de esta técnica de concentración en la fabricación de mermeladas y todos ellos demuestran y confirman la viabilidad de este procedimiento (Shi *et al.*, 1996; García-Martínez *et al.*, 2002), consiguiendo un producto que contenga un alto porcentaje en fruta.

Finalmente, y teniendo en cuenta las nuevas tendencias de consumo que reflejan una reducción del consumo excesivo de azúcares y otros carbohidratos de absorción rápida, una de las cuestiones que se plantea el mercado de alimentos naturales es el control del azúcar en sangre así como alimentos de bajo índice glicémico. Actualmente existen productos que sustituyen el azúcar común por edulcorantes no calóricos -ciclamato sódico, sacarina, aspartamo, polioles (sorbitol) y similares. Existe también en el mercado otro posible sustituto de la sacarosa, se trata de la Isomaltulosa, que puede ayudar a reducir la respuesta glicémica e insulinémica que provocan determinados alimentos, y que además, a diferencia de otros edulcorantes artificiales, no tiene efectos laxantes. (Weidenhagen y Lorenz, 1957). Tiene sólo un tercio del poder edulcorante de la sacarosa, pero un dulzor similar y resulta muy interesante su aplicación al desarrollo de alimentos para diabéticos y para deportistas por su lenta liberación de glucosa y fructosa. 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 la obtención de un producto untable de tales características es necesario realizar experiencias de optimización del proceso. En el presente trabajo se optimizaron tres variables de proceso tales como, el agente osmótico, proceso de elaboración y porcentaje de pectina. Para el estudio de la optimización del proceso de un producto untable de tomate se estudió la influencia de las 3 variables anteriores sobre las propiedades fisicoquímicas, así como en las propiedades ópticas, textura y comportamiento reológico de los diferentes productos obtenidos.

2. MATERIAL 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 cortadas en cubos de aproximadamente 1 cm³.

2.2. Proceso de elaboración

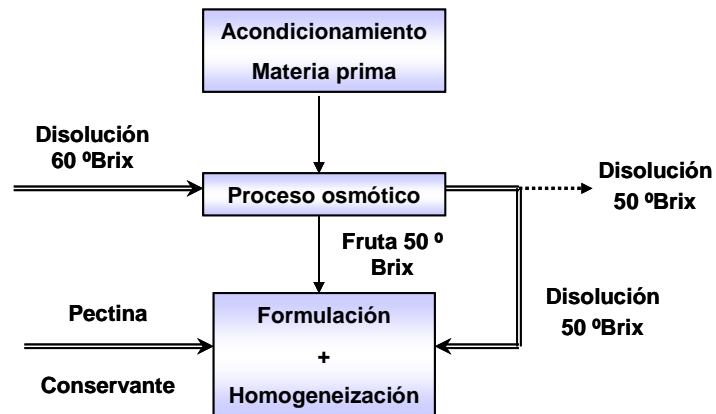
2.2.1. ETAPA DE EQUILIBRADO.

Una vez acondicionada la materia prima como se ha descrito anteriormente, se equilibró mediante dos procedimientos distintos, deshidratación osmótica por vía húmeda; (DOH), método de deshidratación osmótica tradicional, en la cual la materia prima es sumergida en una disolución osmótica, en este caso la concentración de la misma fue de 60 °Brix, y deshidratación osmótica por vía seca (DOS), en la cual, a diferencia del método tradicional, la materia prima se pone en contacto directo con el agente osmótico, del mismo modo que en el proceso de salazón de carnes y pescados. La concentración de equilibrio que se quería alcanzar en esta etapa fue de 50 °Brix. La relación fruta:disolución se estimó a partir del correspondiente balance de materia. Este proceso de equilibrado se realizó a 25 °C. El control del punto final de la etapa se realizó por refractometría a través de medidas de la concentración de sólidos solubles en la disolución. El estudio de la etapa de equilibrio se realizó tanto con sacarosa, como con una mezcla en una proporción 50/50 de isomaltulosa-fructosa.

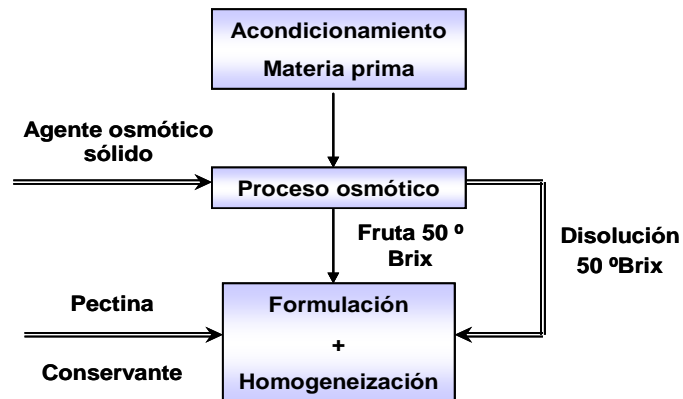
2.2.2. ETAPA DE GELIFICACIÓN.

Una vez alcanzado el equilibrio, se procedió a la formulación del untable utilizando como ingredientes tomate deshidratado, disolución osmótica, pectina como agente gelificante y sorbato potásico como conservante. En la figura 1, se representan los diagramas de flujos de los diferentes procesos.

Deshidratación osmótica vía húmeda (DOH)



Deshidratación osmótica vía seca (DOSb₁)



Deshidratación osmótica vía seca (DOSb₂)

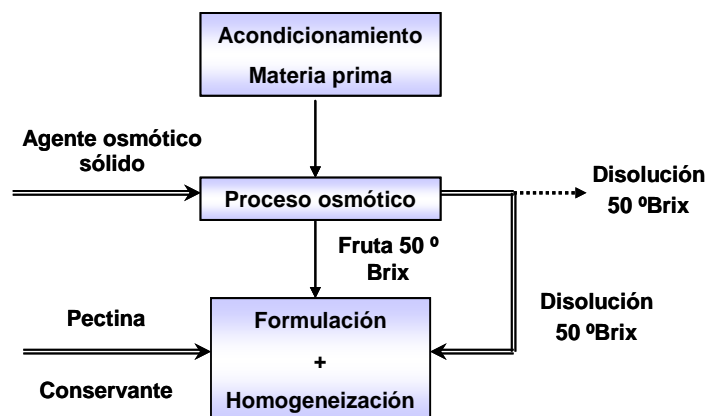


Figura 1: Diagramas de flujo de los procesos a seguir para la formulación de los diferentes productos untables.

Se distinguieron tres tipos de procesos en función del tipo de deshidratación y la proporción final de fruta:disolución utilizada en la etapa de formulación.

- DOH este tratamiento se llevó a cabo usando las siguientes proporciones, 60 % de fruta deshidratada y 40 % de disolución osmótica.
- DOSb₁ (sin eliminar fase líquida) en este caso se utilizó el total de fruta y disolución osmótica obtenidos tras la etapa de deshidratación.
- DOSb₂ (eliminando fase líquida), las proporciones utilizadas a la hora de formular el producto fueron las mismas que las utilizadas en la formulación DOH, 60 % de fruta deshidratada y 40 % de disolución osmótica.

El diseño experimental realizado se recoge en la tabla 1. El producto se homogeneizó mediante una batidora durante 3 minutos. Una vez formulados los productos se almacenaron a 25 °C durante 24 horas para permitir una correcta estabilización del gel antes de realizar los análisis correspondientes.

Una vez obtenidos los distintos untables se procedió a realizar las correspondientes medidas analíticas. Se analizaron las propiedades fisicoquímicas a_w , sólidos solubles, humedad, pH, color y textura en el producto final así como en la materia prima. Los análisis reológicos fueron realizados únicamente en el producto final obtenido.

Tabla 1: Diseño experimental utilizado para la obtención de untable de tomate de 50 Brix.

Experiencia	Proceso osmótico	Agente osmótico	Formulación	Nivel Pectina
1	DOH	SAC	60% Fruta, 40% Disolución	1
2	DOH	SAC	60% Fruta, 40% Disolución	1,5
3	DOH	SAC	60% Fruta, 40% Disolución	2
4	DOSb ₁	SAC	Sin eliminar fase líquida	1
5	DOSb ₁	SAC	Sin eliminar fase líquida	1,5
6	DOSb ₁	SAC	Sin eliminar fase líquida	2
7	DOSb ₂	SAC	60% Fruta, 40% disolución	1
8	DOSb ₂	SAC	60% Fruta, 40% disolución	1,5
9	DOSb ₂	SAC	60% Fruta, 40% disolución	2
10	DOH	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	1
11	DOH	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	1,5
12	DOH	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	2
13	DOSb ₁	ISO+FRUC	Sin eliminar fase líquida	1
14	DOSb ₁	ISO+FRUC	Sin eliminar fase líquida	1,5
15	DOSb ₁	ISO+FRUC	Sin eliminar fase líquida	2
16	DOSb ₂	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	1
17	DOSb ₂	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	1,5
18	DOSb ₂	ISO+FRUC	60% Fruta, 40% disolución	2

* SAC: Sacarosa

* ISO+FRUC: 50 % Isomaltulosa + 50 % Fructosa

2.3. Determinaciones analíticas

2.3.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN AGUA.

De acuerdo al método 20.103 AOAC (1980), especial para frutas ricas en azúcares, el contenido en humedad se determinó gravimétricamente, mediante el secado de aproximadamente 0,5 g de muestra en estufa de vacío a 60 °C hasta peso constante.

2.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES.

El contenido en sólidos solubles tanto de las muestras como de la disolución, se obtuvo a partir de los grados Brix determinados mediante un refractómetro de mesa ABBE ATAGO 3-T a 20 °C. En las muestras deshidratadas, se necesitó hacer una dilución en una proporción fruta/agua de 1/4.

2.3.3. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA.

La actividad de agua tanto de las muestras como de la disolución se determinó mediante un higrómetro de punto de rocío (FA-st lab, GBX).

2.3.4. DETERMINACIÓN DE pH.

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

2.3.5. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÓPTICAS.

La determinación de las propiedades ópticas se realizó en un espectrocolorímetro (marca Minolta, modelo CM-3600d). Las coordenadas del espacio de color CIEL*a*b* se obtuvieron por reflectancia utilizando como sistema de referencia el iluminante D65 y el observador 10° sobre fondo negro y blanco. La medida se llevó a cabo en cubeta de 20 mm de espesor sobre fondo negro para el caso de muestra fresca o deshidratada.

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado.

2.3.6. 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 2 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.

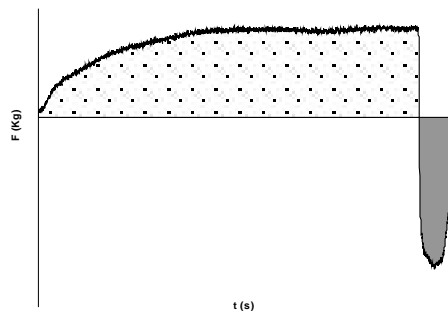


Figura 2: Curva tipo de Fuerza (N)-Tiempo (s) obtenida en el ensayo back extrusion.

2.3.7. DETERMINACIÓN PARÁMETROS REOLÓGICOS.

Para el estudio de las propiedades reológicas, se utilizó un reómetro RheoStress1, Haake. El sistema de medida elegido fue placa-placa ya que el producto que se iba a analizar tenía una elevada viscosidad. Se eligió un gap de 2 mm, de acuerdo con la bibliografía consultada Sato y Cunha, 2009.

Se realizó un ensayo estacionario utilizando un gradiente de velocidad ($\dot{\gamma}$) de 0 a 100 s^{-1} , en tres ciclos (subida y bajada), con el fin de eliminar la tixotropía. Los datos obtenidos fueron ajustados al modelo de Hershel-Bulkey con lo que se obtuvieron los parámetros característicos del producto.

Seguidamente se realizaron dos tipos de ensayos oscilatorios, el primero se realizó aplicando un esfuerzo (τ) desde 0 a 10 Pa, a diferentes frecuencias de 0.1, 1 y 10 Hz con el fin de determinar el rango de respuesta viscoelástica lineal bajo condiciones de deformación oscilatorias y así poder seleccionar el esfuerzo al que se realizaría el segundo ensayo. Una vez seleccionado el esfuerzo, se realizó un segundo ensayo oscilatorio a esfuerzo constante para representar G' y G'' y determinar así el comportamiento sólido-líquido del producto.

2.4. Tratamiento estadístico de los resultados.

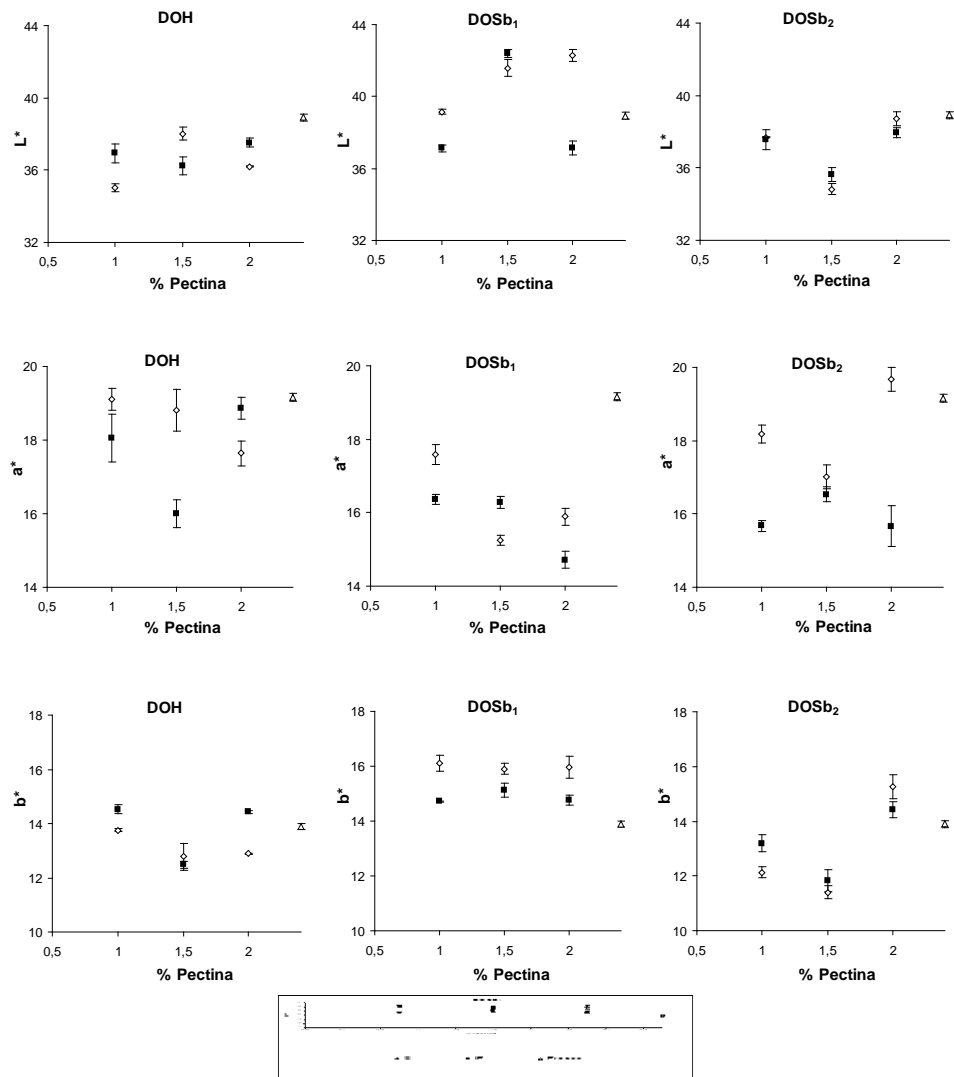
Los análisis estadísticos de la varianza (ANOVA simple y ANOVA factorial) se realizaron mediante el paquete informático Statgraphics Plus 5.1 para estimar el efecto significativo de las diferentes variables del proceso (Tipo de formulación, agente osmótico, y porcentaje de pectina).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los distintos productos untables se realizó 24 horas después de la formulación. Los distintos productos obtenidos presentaron un contenido en sólidos solubles de 0,498 ($\pm 0,008$), y una humedad media de 0,487 ($\pm 0,004$). Así mismo la a_w mostró unos valores de 0,889 ($\pm 0,02$) en el caso de los productos formulados con sacarosa y 0,9165 ($\pm 0,012$) en el caso de los productos que contenían isomaltulosa en su formulación lo que pone de manifiesto el mayor poder reductor de actividad de agua de la sacarosa. Finalmente el pH de todos los productos estuvo en torno a 3,974 ($\pm 0,004$).

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

En los resultados de las medidas de color representados en la figura 3, no se observa una tendencia clara para ninguna de las coordenadas colorimétricas (L^* , a^* y b^*) de las muestras en función del tipo de agente osmótico, el proceso de elaboración o el % de pectina. La influencia del tipo de azúcar utilizado en el proceso osmótico ha sido constatada para otro tipo de productos como es el caso de los untables de fresa en los que cuando se utiliza isomaltulosa se obtienen productos con menor luminosidad (L^*) y mayores valores de los parámetros a^* y b^* en comparación con las muestras tratadas con sacarosa, manteniéndose estos dos últimos parámetros con valores prácticamente iguales a los de la fruta fresca (Peinado *et al* 2008). Estas diferencias pueden entenderse si se tiene en cuenta que la influencia que ejerce un ingrediente determinado en un sistema alimentario no depende únicamente de su concentración, de su distribución o reparto entre las distintas fases del sistema sino también del resultado de las distintas interacciones entre componentes. En el caso del tomate, podría decirse que los compuestos responsables del color presentan mayor estabilidad y menor grado de interacción con el resto de componentes del sistema.

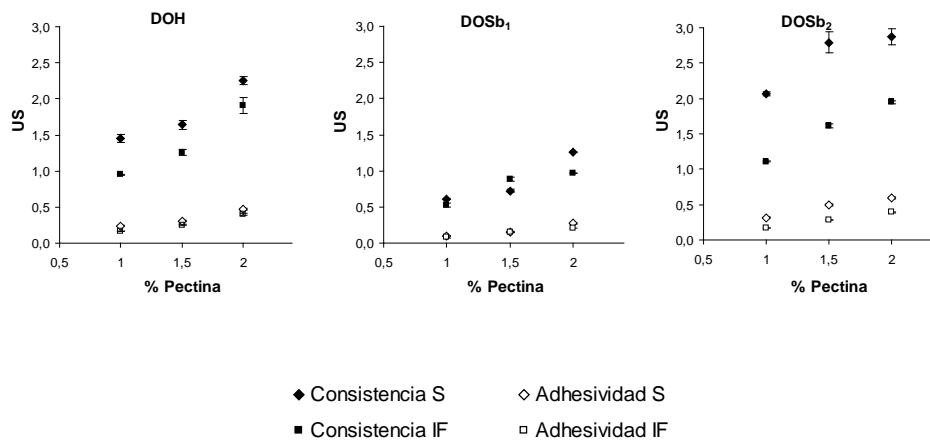


* S: Sacarosa
 * IF: 50 % Isomaltulosa + 50 % Fructosa

Figura 3. Coordenadas colorimétricas de los distintos productos obtenidos para los distintos niveles de pectina según el tipo de azúcar.

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

La figura 4 muestra los valores de consistencia y adhesividad de las distintas muestras evaluadas, en función del tipo de agente osmótico, tipo de proceso y % de pectina. El análisis estadístico de los resultados (ANOVA) permite afirmar que tanto el tipo de agente osmótico como el tipo de proceso y el nivel de pectina influyen significativamente en la textura de los untables de tomate analizados. La tabla 2 recoge la información correspondiente a los grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza.



* S: Sacarosa

* IF: 50 % Isomaltulosa + 50 % Fructosa

Figura 4. Valores de consistencia y adhesividad de los distintos productos obtenidos para los distintos niveles de pectina según el tipo de azúcar.

Tabla 2. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial.

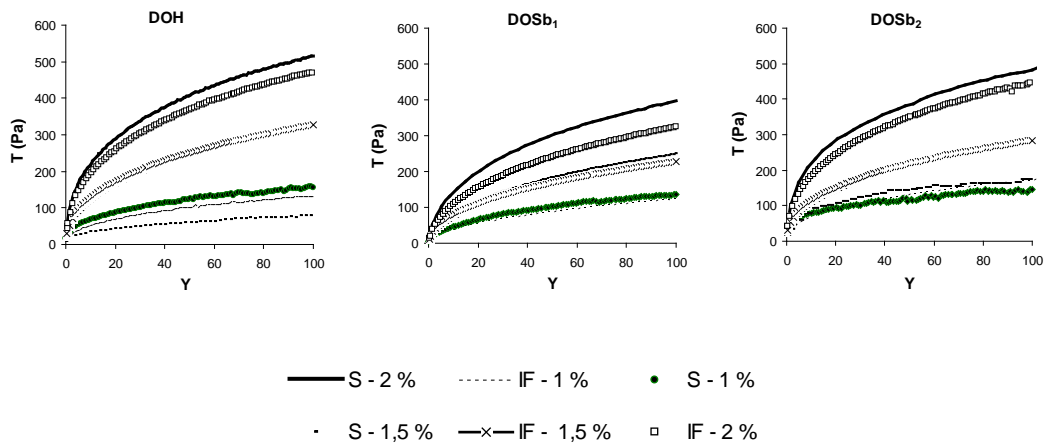
	Agente osmótico		Proceso osmótico		% Pectina	
Consistencia	Sacarosa	b	DOH	b	1	a
			DOSb ₁	a	1,5	b
	Isomaltulosa	a	DOSb ₂	c	2	c
Adhesividad	Sacarosa	a	DOH	b	1	c
			DOSb ₁	c	1,5	b
	Isomaltulosa	b	DOSb ₂	a	2	a

El tipo de azúcar utilizado en la formulación influye significativamente en las propiedades de textura medidas, si bien el efecto es más notable en la consistencia que en la adhesividad de las muestras. Los productos formulados con sacarosa presentan mayor consistencia y adhesividad que las muestras formuladas con la mezcla fructosa-isomaltulosa. El proceso de elaboración de los untables también influye significativamente en la textura (consistencia y adhesividad) probablemente como consecuencia de los distintos ratios fruta:disolución utilizados en cada proceso, así como la distinta cantidad de fase líquida presente en la fruta según el tipo de tratamiento osmótico utilizado, vía seca ó vía húmeda. A menor cantidad de fase líquida en la fruta y mayor ratio fruta:disolución se obtienen productos con mayor consistencia. Lógicamente, y tal y como era de esperar se observa un claro aumento de la adhesividad y de la consistencia conforme aumenta el % de pectina utilizado en la formulación.

3.3. Influencia de las variables del proceso en las propiedades reológicas del producto.

Ensayos estacionarios

El comportamiento al flujo en términos generales estuvo caracterizado por la dependencia del tiempo. Los reogramas correspondientes a los productos untables de tomate elaborados se encuentran representados en la figura 5 en las que además de apreciarse la dependencia del tiempo, se puede observar la magnitud del esfuerzo cizallante. La diferencia entre productos se puede atribuir a las diferentes proporciones fruta:disolución y diferentes % de pectina que determinan una mayor interacción y la presencia de una estructura tridimensional más densa y con mayor cuerpo, y en consecuencia los esfuerzos de cizalla aumentan considerablemente.



* S: Sacarosa

* IF: 50 % Isomaltulosa + 50 % Fructosa

* Los % hacen referencia al nivel de pectina aplicado en la elaboración.

Figura 5. Reogramas correspondientes a los productos untables de tomate para los distintos niveles de pectina según el tipo de azúcar.

A partir de las curvas de ascenso correspondientes, se caracterizó el flujo de todos los productos con el modelo de Herschel y Bulkley.

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

τ : Esfuerzo (Pa)

τ_0 : Esfuerzo umbral (Pa)

K: Índice de consistencia (Pasⁿ)

$\dot{\gamma}$: gradiente de velocidad (s⁻¹)

n: Índice de comportamiento del flujo

Los valores de los parámetros obtenidos (tabla 3) reflejan objetivamente las características físicas de las dieciocho muestras estudiadas. Por otro

lado, la tabla 4 recoge los grupos homogéneos que establece el ANOVA en lo que se refiere a la influencia de las distintas variables (tipo de agente osmótico, tipo de proceso de elaboración y % de pectina) sobre los distintos parámetros reológicos de los productos analizados.

Tabla 3. Ajuste de los reogramas al modelo de Herschel y Bulkley. Valores de los parámetros reológicos: n: índice de flujo; (τ_0)= umbral de fluencia y K= coeficiente de consistencia.

	τ_0	k	n	R ²
1	16 (4)	16,1(--)	0,40 (0,05)	0,993
2	41,73 (--)	36 (--)	0,42 (0,03)	0,994
3	59,8 (1,2)	45,0 (--)	0,50 (0,02)	0,964
4	5,8 (0,5)	12 (2)	0,53 (0,03)	0,993
5	9 (1)	20 (2)	0,556 (0,002)	0,994
6	33,7 (0,2)	32,3 (0,9)	0,514 (0,002)	0,952
7	28 (7)	18 (2)	0,41 (0,04)	0,980
8	26 (2)	40,1 (0,8)	0,35 (0,02)	0,924
9	85 (1)	62 (7)	0,39 (0,04)	0,963
10	8 (1)	14 (1)	0,474 (0,009)	0,996
11	25,8 (0,3)	30,21 (0,03)	0,509 (0,002)	0,990
12	48 (3)	40 (2)	0,531 (0,006)	0,968
13	5,11 (0,02)	8,816 (0,108)	0,567 (0,002)	0,999
14	12,2 (0,9)	19 (1)	0,536 (0,003)	0,997
15	14,1(0,9)	25,7 (0,2)	0,552 (0,004)	0,991
16	17,2 (0,6)	17,8 (0,6)	0,467 (0,004)	0,998
17	26 (2)	27,2 (0,3)	0,495 (0,005)	0,995
18	43 (1)	46,8 (0,6)	0,476 (0,004)	0,993

Tabla 4. Grupos homogéneos identificados a partir del análisis de la varianza factorial.

	Agente osmótico		Proceso osmótico		% Pectina	
n	Sacarosa	a	DOH	b	1	a
			DOSb ₁	c	1,5	a
	Isomaltulosa	b	DOSb ₂	a	2	a
k	Sacarosa	b	DOH	b	1	a
			DOSb ₁	a	1,5	b
	Isomaltulosa	a	DOSb ₂	c	2	c
τ_0	Sacarosa	b	DOH	b	1	a
			DOSb ₁	a	1,5	b
	Isomaltulosa	a	DOSb ₂	b	2	c

Tal y como se esperaba, las propiedades reológicas reflejan muy bien la presencia y proporción de ciertos ingredientes en la formulación. Las muestras elaboradas según el proceso osmótico por vía húmeda y el proceso osmótico por vía seca con eliminación de parte de la disolución que se genera, presentan valores más altos del coeficiente de consistencia (k) y un aumento del umbral de fluencia debido a la mayor presencia de sólidos en estas formulaciones (Sato y Cunha, 2009) Asimismo, un aumento del % de pectina también se traduce en un aumento de estos parámetros no solo por el aumento de sólidos aportados por la pectina sino también debido a las interacciones de este ingrediente con el resto de componentes del sistema.

El tipo de agente osmótico utilizado en la formulación también queda reflejado en las propiedades reológicas de los productos analizados; las muestras elaboradas con sacarosa presentan menores grados de fluidez y mayores umbrales de fluencia y coeficientes de consistencia que aquellos productos elaborados con la mezcla fructosa-isomaltulosa.

Por otro lado, no se observan diferencias significativas en el grado de fluidez de muestras con distinto % de pectina, probablemente debido al estrecho rango de variación del % de este componente.

Ensayos oscilatorios

Las pruebas dinámicas aplicadas a los productos elaborados se resumen en los barridos de frecuencia incluidos en la figura 6, en los que se pueden apreciar los efectos de las distintas variables analizadas.

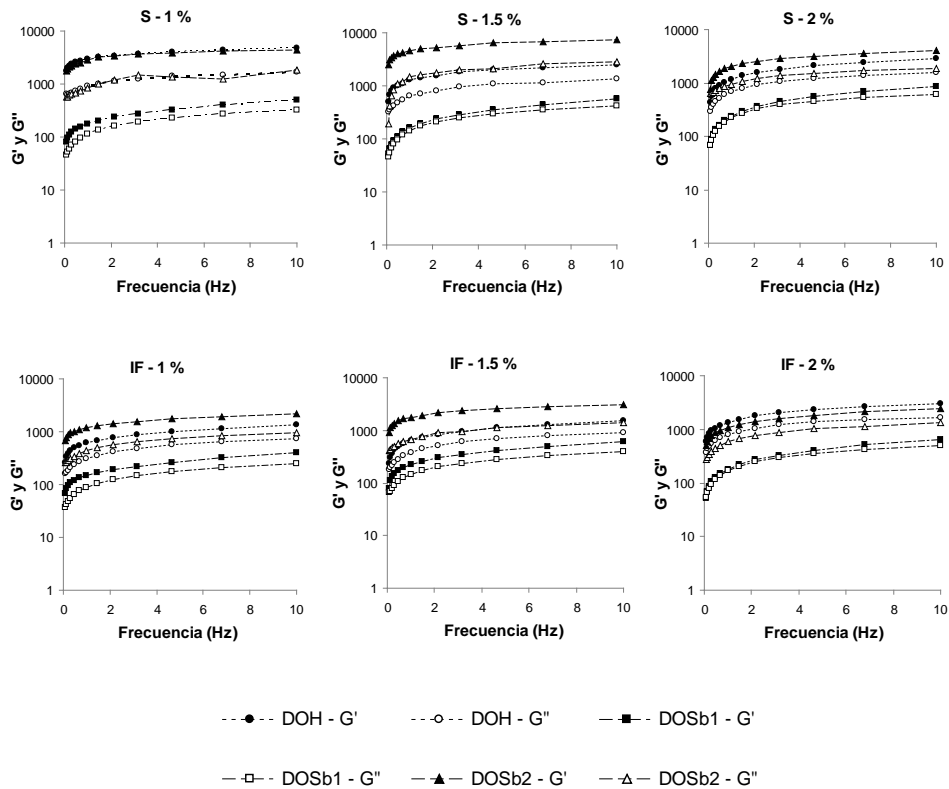


Figura 6: Barridos de frecuencia correspondientes a los distintos productos untables de tomate para los distintos niveles de pectina según el tipo de azúcar.

En la figura 6 se observa que ni el tipo de agente osmótico ni el % de pectina influyen en el comportamiento reológico de los productos analizados siendo el proceso de elaboración el único factor que imprime diferencias. Los productos elaborados con tratamiento osmótico por vía seca sin eliminación de fase líquida se comportan en todos los casos como disoluciones concentradas ya que G' se aproxima a G'' . Estos resultados son probablemente consecuencia de una mayor proporción de fase líquida en la formulación de estos productos (24,7% Fruta, 75,13% Disolución) no siendo suficientes para la gelificación los niveles de pectina utilizados. Sin embargo, en los productos elaborados con una proporción fruta:disolución 40:60 se observa un comportamiento viscoelástico típico de un gel ($G'' < G'$) independientemente de que el tratamiento osmótico fuera por vía húmeda o vía seca.

4. CONCLUSIONES

Este estudio pone de manifiesto la viabilidad del tratamiento por vía seca y del uso de nuevos azúcares funcionales existentes en el mercado (ej: isomaltulosa) como alternativa para la obtención de productos untables de tomate con un color y un comportamiento reológico comparable a los productos obtenidos según el proceso de deshidratación osmótica por vía húmeda con sacarosa. El proceso que implica un tratamiento osmótico por vía seca sin eliminación de fase líquida resulta especialmente interesante en cuanto al rendimiento del proceso y en cuanto a que no genera ningún efluente manteniendo así todos los compuestos aromáticos y vitaminas que pudieran ser lixiviados. Los productos así obtenidos presentan un comportamiento viscoelástico distinto probablemente debido a que los niveles de pectina utilizados no son suficiente para la gelificación de sistemas con elevada proporción de fase líquido. En este sentido, se requieren estudios posteriores de optimización del nivel de pectina para este producto, dadas las ventajas que puede aportar este proceso.

5. REFERENCIAS

- Abdullah, y T. Cheng, "Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits jam". *Food Quality and Preference*. Vol. **12**, pp: 63-68, (2001).
- Base de datos estadísticos de la FAO, 2007. <http://www.fao.org>.
- Cao, G., Sofic, E. y Prior, R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**, 3426–3431.
- Cohen, J. H., Kristal, A. R. y Stanford, J. L. (2000). Fruit and vegetable intakes and prostate cancer risk. *Journal of National Cancer Institute*, **92**, 61–68.
- Dixon, G. M. y Jen, J. J. "Changes of sugars and acids of osmovac dried apple slices". *Journal of Food Science*. Vol. **42**, pp:1126–1127, (1977).
- Escríche, I., Chiralt, A., Moreno, J. y Serra, J.A. (2000) Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberries. *Journal of Food Science*. **65** (7), pp: 1100-1265.
- García-Martínez, E.; Ruiz-Díaz, J; Martínez-Monzó, J.; Camacho, M.M.; Martínez-Navarrete, N. y Chiralt, A. (2002). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International*, **35**, 301-306.
- Hawai, K., Yoshikawa, H, Murayam, Y., Okuda, Y., 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 y Aromaa, A. (2002). Flavonoids intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, **76**, 560–568.
- Lina, B.A.R. , Jonker, G. y 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. y Burning, J. (2000). Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: The Women's Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, **72**, 922–928.
- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A. y Andrés, A. (2008). Estudio comparativo del color en fresa deshidratada osmóticamente con sacarosa, sorbitol e isomaltulosa. En Actas del V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos CESIA 2008. II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria. (Cd-room ISBN: 978-84-96736-57-3)
- Raffo, A. La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. y 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.
- Sato, A. y Cunha, R. (2009). Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. *Journal of Food Engineering* **91**, 566–570
- Sesmero, R, Quesada, M. A. y 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, X.Q.; Chiralt, A.; Fito, P.; Serra, J.; Escoin, C. y Gasque, L.. (1996). Application of Osmotic Dehydration Technology on jam processing. *Drying Technology* **14**, 841-857.
- Weidenhagen, R., Lorenz, S., (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido-fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlungsprodukt der Saccharose, *Zeitschrift für die Zuckerindustrie* **7**, 533-534; und *Angewandte Chemie* **69**, 641.
- Zhang, D. y Hamazu. "Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking". *Food Chemistry*. Vol. **88**, pp: 503–509, (2004).