



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

# **EFFECTO DEL PROCESADO POR MICROONDAS EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE UN PURÉ DE KIWI**

**MÁSTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**Nombre alumno:** María Benlloch Tinoco

**Director/a:** Nuria Martínez Navarrete

**Codirector/a:** Ana Salvador Alcaraz

**Centro:** Departamento de Tecnología de Alimentos

## EFFECTO DEL PROCESADO POR MICROONDAS EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE UN PURÉ DE KIWI

María Benlloch Tinoco<sup>1</sup>, Ana Salvador Alcaraz<sup>2</sup>, Nuria Martínez Navarrete<sup>1</sup>

### RESUMEN

En este trabajo se ha evaluado el efecto de las condiciones de procesado por microondas, aplicando tratamientos suaves, en las características del puré de kiwi. Se aplicaron diferentes combinaciones potencia de microondas – tiempo de proceso y se realizaron medidas sensoriales e instrumentales, con el objetivo de establecer una correlación entre ambas. Para las pruebas sensoriales, en primer lugar se entrenó a un panel de catadores con el objetivo de realizar un análisis sensorial descriptivo del producto. El análisis instrumental de las muestras consistió en medir la consistencia, viscosidad, color y características fisicoquímicas del puré fresco así como del puré tratado. La aplicación de microondas a niveles de potencia, tiempos o una combinación de estos dos factores que dé lugar a tratamientos de una cierta intensidad (600 W-340 s, 900 W-300 s y 1000 W-200 s), afecta principalmente al color y sabor del producto, de manera que se obtienen muestras más consistentes, con sabor atípico y con un color más diferente al del kiwi, consecuencia de un aumento de la claridad y de cambios hacia tonalidades más amarillo-verdosas. Para la evaluación instrumental del color y consistencia percibidos visualmente en este producto, los parámetros más indicados, entre los considerados en este estudio, serían las coordenadas de color L\*, a\* y el ángulo de tono y la distancia de avance medida con el consistómetro Bostwick.

### RESUM

En este treball s'ha avaluat l'efecte de les condicions de processat per microones, aplicant tractaments suaus, en les característiques del puré de kiwi. Es van aplicar diferents combinacions potència de microones - temps de procés i es van realitzar mesures sensorials i instrumentals, amb l'objectiu d'establir una correlació entre ambdós. Per a les proves sensorials, en primer lloc es va entrenar a un panell de tastadors amb l'objectiu de realitzar l'anàlisi sensorial descriptiva del producte. L'anàlisi instrumental de les mostres va consistir a mesurar la consistència, viscositat color i característiques fisicoquímiques del puré fresc així com del puré tractat.

---

Ana Salvador Alcaraz<sup>1</sup>: Departamento de Conservación y Calidad de los Alimentos, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA), Avda. Agustín Escardino, 7, 46980 Paterna (Valencia), España. e-mail: asalvador@iata.csic.es

Nuria Martínez Navarrete<sup>2</sup>: Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera 14, 46022 Valencia, España. e-mail: nmartin@tal.upv.es

L'aplicació de microones a nivells de potència, temps o una combinació d'estos dos factors que done lloc a tractaments d'una certa intensitat (600 W-340 s, 900 W-300 s, i 1000 W-200 s)," afecta principalment el color i sabor del producte, de manera que s'obtenen mostres més consistents, amb sabor atípic i amb un color més diferent del kiwi, conseqüència d'un augment de la claredat i de canvis cap a tonalitats més groc-verdoses." Per a l'avaluació instrumental del color i consistència percebuts visualment en este producte, els paràmetres més indicats, entre els considerats en este estudi, serien les coordenades de color L\*, a\* i l'angle de to i la distància d'avanç mesura amb el consistómetro Bostwick."

## ABSTRACT

In this study we have evaluated the effect of microwave processing conditions, by applying gentle treatments, on characteristics of kiwi puree. Different combinations microwave power - processing time were applied and sensory and instrumental measurements were done with the aim of establishing a correlation between them. For sensory assessment, an expert panel was previously trained in order to do a descriptive sensory assessment of the product. The instrumental analysis of samples consisted in measuring consistency, viscosity, colour and physicochemical characteristics of the treated and fresh puree. Applying intense treatments (600 W-340 s, 900 s and 1000 W-300 W-200 s) because of microwave power, time or a combination of these two factors, mainly affects the colour and taste of the product, in this way, samples more consistent with atypical flavour and a different colour of kiwi due to increased clarity and changes to yellow-green hues were obtained. For the instrumental determinations of colour and visual perception of consistency in this product, the parameters indicated, among those considered in this study, would be the colour coordinates L \*, a \* and hue angle and flow distance measured with Bostwick consistometer.

**PALABRAS CLAVE:** kiwi, puré, microondas, análisis sensorial descriptivo, panel entrenado, color, viscosidad, consistencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación sensorial es un aspecto clave en el desarrollo de nuevos productos (Dubost *et al.*, 2003). Sin embargo, el control rutinario de la calidad requiere la realización de medidas instrumentales que impliquen mayor comodidad, rapidez y reproducibilidad (Segnini *et al.*, 1999) pero que, a su vez, estén relacionadas con la percepción sensorial del producto. Sin embargo, es habitual que los resultados procedentes de las determinaciones instrumentales no se correspondan con los obtenidos sensorialmente, en lo referente a la preferencia de los consumidores, porque en ello influyen diferentes parámetros psicológicos que son difíciles de evaluar (Dubost *et al.*, 2003).

Las medidas instrumentales de los parámetros relacionados con la calidad de las frutas, como por ejemplo °Brix, acidez, textura o color, se han convertido en la base de las determinaciones realizadas en este tipo de producto (Oraguzie *et al.*, 2009; Segnini *et al.*, 1999). A menudo, la industria fija estándares de calidad basándose en las medidas instrumentales. Sin embargo, la relevancia de estos resultados dependerá de su correlación con los atributos sensoriales que describen a cada producto (Oraguzie *et al.*, 2009). En el análisis sensorial, una de las herramientas más importantes es la cuantificación de los atributos perceptibles del producto, que frecuentemente se lleva a cabo a través de los perfiles. Este tipo de análisis, requiere la participación de paneles de jueces entrenados, quienes durante el periodo de entrenamiento desarrollan habilidades para caracterizar a los productos (Worch *et al.*, 2010).

El kiwi es un fruto originario de China (Fisk *et al.*, 2006; Fúster *et al.*, 1994; Jaeger *et al.*, 2003) que ha ido ganando popularidad entre los consumidores en los últimos años debido, entre otras causas, a su bajo aporte calórico y sus buenas propiedades organolépticas y nutritivas. Cabe destacar su gran contenido en sustancias nutraceuticas (Fisk *et al.*, 2006) y su mayor aporte de vitamina C, zinc y potasio que muchas otras frutas como por ejemplo naranja, manzana o melocotón (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Fang *et al.*, 2008; Guldás, 2003). Se caracteriza por tener un elevado contenido en ácidos orgánicos (cítrico, quínico, málico, galacturónico, succínico, oxálico, etc.), carotenoides, compuestos fenólicos, compuestos aromáticos (ésteres, aldehídos, alcoholes y cetonas) y minerales (fósforo, potasio, magnesio y calcio) (Soufleros *et al.*, 2001). Nueva Zelanda es el principal productor de kiwi, aunque actualmente también se cultiva en muchas otras zonas como Australia, Canadá, California, Chile, Japón y países mediterráneos (Fisk *et al.*, 2006; Fúster *et al.*, 1994). Concretamente en España, la producción de kiwi es considerable debido a las favorables condiciones climáticas (Fúster *et al.*, 1994). Según datos extraídos del anuario de estadística agroalimentaria del MAPA para el año 2007, la producción asciende a un total de 18.463 t, concentrándose la mayor parte en las provincias de Pontevedra (8.032 t), A Coruña (5.620 t) y Asturias (2.100 t). España se ha convertido en los últimos años en el primer importador europeo de kiwi. El consumo per cápita oscila en los 2 kg/habitante y año, siendo la variedad Hayward la más consumida (Jaeger *et*

*al.*, 2003; MAPA, 2010). En términos generales, puede decirse que la producción de kiwi es excedentaria. Ello guarda relación con que se trata de un producto perecedero y estacional (Fang *et al.*, 2008). Además, aproximadamente un 25% de la producción no puede destinarse al consumo en fresco por no tener un calibre o aspecto adecuados (Fúster *et al.*, 1994, Park y Luh, 1985).

Por otro lado, cabe tener en cuenta que para competir con éxito en los mercados mundiales, la industria agroalimentaria debe continuar ofreciendo productos innovadores (Jaeger *et al.*, 2003). En este sentido el kiwi se caracteriza por sus buenas aptitudes para la transformación como son su composición, sus características sensoriales y su buena conservación durante el almacenamiento (Barboni *et al.*, 2010). Tradicionalmente el kiwi se ha procesado de muchas maneras dando lugar a zumos, mermeladas o productos deshidratados. No obstante, la aplicación de la tecnologías no convencionales como el calentamiento en horno microondas (MW) en el procesado de frutas, supone una serie de ventajas respecto a los tratamientos de calentamiento convencional. El elevado poder de penetración de las microondas supone un calentamiento volumétrico del producto más rápido, lo que permite disminuir el tiempo de proceso. Esto parece conllevar una mejor conservación de las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales del alimento (Ancos de *et al.*, 1999). No obstante se trata de una tecnología que actualmente no se utiliza con mucha frecuencia para fines comerciales, debido principalmente a factores técnicos y económicos. Por este motivo resulta de gran interés realizar estudios que contemplen el impacto de la tecnología microondas en la calidad de los productos obtenidos. Sólo desde el punto de vista de la obtención de alimentos con mayor calidad quedaría justificada la aplicación de esta tecnología que parece disponer de un alto potencial para la transformación de productos agrícolas en un futuro próximo (Vadivambal y Jayas., 2007).

Por todo ello en este trabajo se ha planteado el estudio del efecto que tiene la aplicación de microondas en la calidad de un puré de kiwi. Para ello, se ha realizado una selección de las propiedades y parámetros instrumentales más adecuados para evaluar la calidad de este producto desde el punto de vista de su correlación con la percepción sensorial del mismo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Preparación de la muestra

La materia prima empleada para elaborar el puré fueron kiwis (*Actinida deliciosa* var. Hayward) obtenidos de un supermercado local. El primer paso consistió en definir las condiciones de agitación/trituración, con el objetivo de estandarizar la preparación del producto y asegurar una distribución de tamaños de partícula homogénea en todos los lotes. La trituración se llevó a cabo en tandas de 1,5 kg y consistió en introducir los kiwis previamente pelados, lavados y cortados en rodajas en una Thermomix (TM 21, Vorwerk, España), empleando el cuarto nivel de velocidad durante 1 minuto.

Posteriormente, todo el puré obtenido fue homogenizado antes de recibir los tratamientos pertinentes.

## 2.2. Diseño experimental

Se elaboró un diseño centrado compuesto mediante el programa Statgraphics Centurion XV (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA), con el objetivo de estudiar el efecto simultáneo de dos variables de proceso sobre el producto (Cano *et al.*, 1997) y reducir el número de pruebas a realizar a la hora de evaluar múltiples parámetros y sus interacciones (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Los intervalos de potencia y tiempo indicados al programa fueron 300 a 900 W y 100 a 300 s, condiciones que abarcan procesos con intensidad suficiente como para conseguir una inactivación enzimática adecuada. Este diseño permitió definir los tratamientos a realizar (Tabla 1).

## 2.3. Tratamientos

En todos los casos se procesaron cargas de 500 g de puré en recipientes de vidrio de dimensiones estandarizadas (capacidad de 1 litro). Se realizaron 9 tratamientos (Tabla 1), con diferentes combinaciones de potencia y tiempo. Cada uno de ellos consistió en introducir el puré en el microondas (NORM 3038GC, China) a la potencia y tiempo previamente definidos. Inmediatamente después, el puré de kiwi fue introducido en un baño de hielo hasta alcanzar una temperatura de 30 °C, con el fin de detener el tratamiento térmico. Una vez atemperadas, las muestras fueron almacenadas en refrigeración (4 °C) durante 24 horas.

**TABLA 1.** Niveles de potencia y tiempos empleados para realizar los diferentes tratamientos.

<i>Código</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Tiempo (s)</i>
200-200	200	200
300-100	300	100
300-300	300	300
600-60	600	60
600-200	600	200
600-340	600	340
900-100	900	100
900-300	900	300
1000-200	1000	200

## 2.4. Análisis instrumental

Todas las muestras sometidas a los diferentes tratamientos y también la muestra sin tratar fueron evaluadas instrumentalmente según se describe a continuación.

### 2.4.1. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

Se llevaron a cabo diferentes análisis de humedad, sólidos solubles, actividad del agua y pH antes y después del tratamiento. La humedad ( $x_w$ ) se determinó por secado hasta alcanzar peso constante en una estufa de vacío a 60 °C (AOAC 934.06, 2000). Los sólidos solubles de la fracción líquida (°Brix) se midieron en la muestra previamente homogeneizada a 20°C en un refractómetro digital portátil Refracto 3PX (METER TOLEDO, Suiza). La actividad del agua ( $a_w$ ) se determinó en un higrómetro de punto de rocío (GBX FA-st lab, Francia). Por último, se midió el pH empleando un pH-metro digital Basic 20+ (CRISON, España). Todas las medidas se realizaron por triplicado.

### 2.4.2. CONSISTENCIA Y VISCOSIDAD

Para determinar la consistencia se midió la distancia de avance (mm/g) de una cantidad de muestra conocida (40 g), durante 30 s, utilizando un consistómetro Bostwick, según la metodología descrita por Igual et al. (2010). Asimismo, se determinó la viscosidad empleando un viscosímetro rotacional LVT (BROOKFIELD, Alemania) con una varilla de tipo 4. La medida consistió en introducir la varilla en una cantidad conocida de puré de kiwi (200 g) y leer el valor obtenido en la escala a diferentes velocidades de giro (6, 12, 30 y 60 rpm) al cabo de 30 s. Con ello se mide la fuerza necesaria para vencer la resistencia que opone el fluido al giro de la varilla dentro de la muestra (Nielsen, 2010). Posteriormente, teniendo en cuenta el tamaño de varilla empleada y la velocidad de giro a la que se realizó la medición, se corrigió el valor obtenido y se expresó en unidades del SI (Ec. 1).

$$\eta = L \cdot k \quad (1)$$

Donde:

$\eta$ : representa la viscosidad (cp), 1 cp = 10<sup>-3</sup> Pa·s;

L: representa la lectura directa de viscosidad en la escala del viscosímetro;

k: representa la constante dependiente del tamaño de la varilla y la velocidad de giro (Chiralt et al., 1998).

### 2.4.3. COLOR

El color se determinó en unas cubetas de dimensiones estandarizadas (37mm×50mm×22mm), con un fotocolorímetro Minolta CM 3600D (Minolta Co. Ltd., Japón) y los resultados se expresaron de acuerdo con el sistema CIELAB (iluminador D65 y observador 10°). Se obtuvieron valores de las coordenadas L\* (que representa la luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100), de a\* (que indica la cantidad de color rojo/verde) y de b\* (que indica el color amarillo/azul). Posteriormente, a partir de los valores de L\*, a\*, b\*, se calculó el tono (h\*) (Ec. 2), el croma (C\*) (Ec. 3), la diferencia de color ( $\Delta E^*$ ) (Ec. 4) entre las muestras obtenidas de los diferentes tratamientos y la

muestra fresca correspondiente en cada caso y el índice de pardeamiento (BI) (Ec. 5) (Maskan, 2001; Mohammadi et al., 2008, Chiralt et al., 2007).

$$h^* = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

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

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (4)$$

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172} \quad (5)$$

Donde:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

siendo X, Y y Z las coordenadas triestímulo.

## 2.5. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial descriptivo se entrenó, durante aproximadamente 2 meses, a un panel constituido por 11 catadores (4 hombres y 7 mujeres), todos ellos estudiantes y trabajadores del departamento de Tecnología de Alimentos (Universidad Politécnica de Valencia), cuyas edades quedan comprendidas entre los 25 y 50 años. Las muestras analizadas sensorialmente fueron todas las tratadas (según la Tabla 1) y también la muestra sin tratar. En todos los casos, las muestras fueron atemperadas, tras haber sido almacenadas en refrigeración durante 24 horas, y servidas en vasos desechables de dimensiones estandarizadas, previamente a realizar la evaluación.

Las catas realizadas tanto en el proceso de entrenamiento como en las sesiones finales, tuvieron lugar en una sala de catas de características normalizadas según la norma denominada Análisis sensorial. Guía general para el diseño de una sala de catas (UNE 8589, 2010).

### 2.5.1. SELECCIÓN DE LOS ATRIBUTOS Y ENTRENAMIENTO

En primer lugar, a través del método checklist (Lawless y Heymann, 1998), se llevó a cabo la selección de una serie de descriptores que posteriormente fueron utilizados para la evaluación de las muestras (Tabla 2). Para ello, se organizaron dos sesiones de una hora cada una, en las que se proporcionaron a los catadores dos muestras de puré de kiwi, una de ellas sin tratar y otra que había recibido el tratamiento más intenso, junto a un listado de descriptores elaborado en base a la norma denominada Análisis sensorial, Vocabulario (UNE 5492, 2010). En la primera sesión, los miembros del panel seleccionaron de dicho listado aquellos atributos que consideraron más representativos a la hora de describir las muestras. En la

segunda, se consensuó con los catadores el significado de cada uno de los descriptores y la forma de evaluarlos de modo que fuera posible cuantificar su nivel de intensidad en el producto (Tabla 2) (Albert et al., 2009; Escribano et al., 2010; Pagliarini et al., 2010). Durante las diez sesiones restantes, los catadores evaluaron tres muestras posicionándolas en escalas no estructuradas de 10 cm en base a los atributos definidos previamente. El periodo de entrenamiento finalizó cuando se obtuvieron resultados homogéneos de dichas evaluaciones, empleando para ello el coeficiente de Kendall's (Albert et al., 2009; Powers, 1988).

**TABLA 2.** Atributos y extremos de escala usados en el análisis sensorial descriptivo de purés de kiwi tratados con microondas.

<b>ATRIBUTOS Y EXTREMOS DE LA ESCALA</b>	<b>TÉCNICA DE EVALUACIÓN</b>
<i>Antes de probar la muestra</i>	
<b>Intensidad de olor a kiwi</b> (nada/mucho)	Oler la muestra
<b>Presencia de olor atípico</b> (nada/mucho)	Oler la muestra
<b>Color de kiwi</b> (nada/mucho)	Observar la muestra
<b>Tono</b> (verde/pardo)	Observar la muestra
<b>Claridad</b> (blanquecino/oscuero)	Observar la muestra
<b>Presencia de sinéresis</b> (nada/mucho)	Observar la muestra
<b>Granulosidad</b> (nada/mucho)	Evaluar la granulosidad de la superficie de la muestra
<b>Consistencia visual</b> (nada/mucho)	Coger parte de la muestra con una cuchara y dejarla caer
<i>Tras probar la muestra</i>	
<b>Sabor ácido</b> (nada/mucho)	Evaluar la intensidad de sabor ácido
<b>Sabor dulce</b> (nada/mucho)	Evaluar la intensidad de sabor dulce
<b>Sabor astringente</b> (nada/mucho)	Evaluar la astringencia
<b>Intensidad de sabor a kiwi</b> (nada/mucho)	Evaluar la intensidad de sabor a kiwi
<b>Presencia de sabor atípico</b> (nada/mucho)	Evaluar la presencia e intensidad de sabor atípico
<b>Sabor residual</b> (nada/mucho)	Evaluar la persistencia de sabor después de probar la muestra
<b>Consistencia en boca</b> (nada/mucho)	Evaluar la consistencia de la muestras una vez ha sido introducida en la boca

## 2.5.2. CATA FINAL

Una vez finalizado el periodo de entrenamiento, se llevó a cabo la cata final, que se realizó por duplicado. Consistió en la evaluación de la intensidad de los descriptores en todas las muestras, utilizando una escala de 10 cm no estructurada. La cata se dividió en dos sesiones de forma que los jueces evaluaron cinco muestras en cada una. Además, se realizó un diseño experimental mediante el programa Compusense®\_ five release 4.6 software (Compusense Inc., Guelph, Ont., Canada), a través del cual se asignó el código de 3 dígitos correspondiente en cada caso y el orden en el que los catadores debían probar las muestras.

## 2.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el programa Statgraphics Centurion XV (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA). En primer lugar, con el fin de evaluar diferencias existentes entre las muestras se efectuó un análisis de la varianza (ANOVA), para un nivel de significación ( $\alpha$ ) del 0,05 en los datos procedentes tanto del análisis fisicoquímico como sensorial. Posteriormente, se realizó un Análisis de Componentes Principales usando la matriz de correlación, así como una correlación de Pearson para estudiar la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los sensoriales usando el programa XLSTAT 2009.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis instrumental

#### 3.1.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

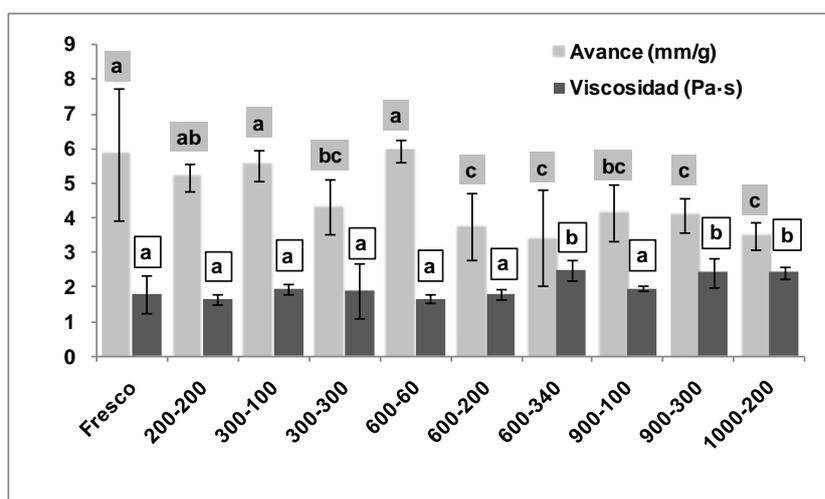
Ninguna de las muestras mostró diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas medidas, obteniéndose valores medios (con su desviación estándar) de humedad=83,4 (0,7) (g agua/ 100 g producto), °Brix=14,1 (0,3) (g sólidos solubles/ 100 g fracción líquida de la muestra),  $a_w$ =0,983 (0,002) y pH=3,39 (0,07). Estos valores se asemejan a los publicados por otros autores para esta fruta (Ancos de et al., 1999; Fúster et al., 1994; Zolfaghari et al., 2010).

#### 3.1.2. CONSISTENCIA Y VISCOSIDAD

En la Figura 1 se ve el efecto del tratamiento por microondas tanto en la consistencia como en la viscosidad del producto. Según Bourne (1982), la consistencia se define como el conjunto de sensaciones resultantes de la estimulación de los receptores mecánicos y táctiles, especialmente en la región de la boca, que varía con la textura del producto. Como puede observarse en la Figura 1, a medida que aumenta la intensidad del tratamiento recibido, disminuyó la distancia de avance de las muestras, o lo que es lo mismo, su consistencia fue mayor. Más concretamente, la

consistencia de las muestras denominadas fresco, 300-100 y 600-60 fue significativamente inferior a la del resto de muestras ( $p < 0,05$ ), mientras que la consistencia de las muestra 600-200, 600-340, 900-300 y 1000-200 fue significativamente mayor. El resto de muestras muestran un comportamiento intermedio. Este efecto del aumento de la consistencia al aumentar la intensidad del tratamiento puede estar relacionado con el efecto que se ha descrito de las microondas en la solubilización de las pectinas, debido a las altas temperaturas alcanzadas por las muestras (Igal et al., 2010).

Por otro lado, la viscosidad se define como la resistencia interna a fluir que opone un fluido (Bourne, 1982). Al igual que sucede con la consistencia, la viscosidad del producto aumentó al recibir tratamientos de mayor intensidad. En este caso, las muestras 600-340, 900-300 y 1000-200 presentaron valores de viscosidad significativamente superiores a los del resto de las muestras, todo ello para un nivel de significación del 5%.



\*Las muestras que han sido identificadas con las misma letra (a, b, o c) no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ )

**FIGURA 1.** Representación gráfica de los valores de viscosidad y distancia de avance en el consistómetro Bostwick de las diferentes muestras de puré de kiwi analizadas.

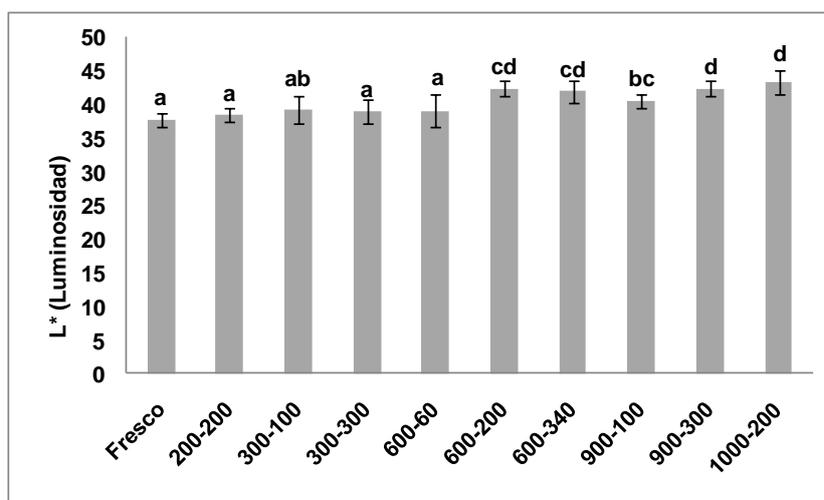
### 3.1.3. COLOR

El color de los alimentos es un factor importante que repercute en la aceptabilidad del producto. Por ello, los cambios de color que ocasiona el procesado han sido ampliamente estudiados. En general, la aplicación de microondas da lugar a productos menos pardos que las técnicas de calentamiento convencional (Vadivambal y Jayas, 2007).

Las Figuras 2 a 4 y la Tabla 3 muestran los resultados de los parámetros de color cuantificados. En primer lugar, los valores obtenidos para las coordenadas colorimétricas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), el croma ( $C^*$ ) y el tono ( $h^*$ ) se ajustan a los publicados por Fisk at al. (2006) para el kiwi fresco.

La luminosidad de las muestras sin tratar y sometidas a los diferentes tratamientos, mostró un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) cuando se aplicaron

los tratamientos más severos (Figura 2), siendo las muestras 600-200, 600-340, 900-300 y 1000-200, las que se mostraron más claras. Pese a que habitualmente los tratamientos térmicos dan lugar a fenómenos de pardeamiento de tipo enzimático y no enzimático, hecho que conlleva una reducción de la luminosidad y un aumento del índice de pardeamiento, como muestran los resultados de Maskan (2001), según publicaciones de diferentes autores, en algunas ocasiones, se observa el caso contrario, es decir, la luminosidad de los productos sometidos a tratamientos con microondas aumenta y, en consecuencia, su índice de pardeamiento disminuye (Vadivambal y Jayas, 2007).



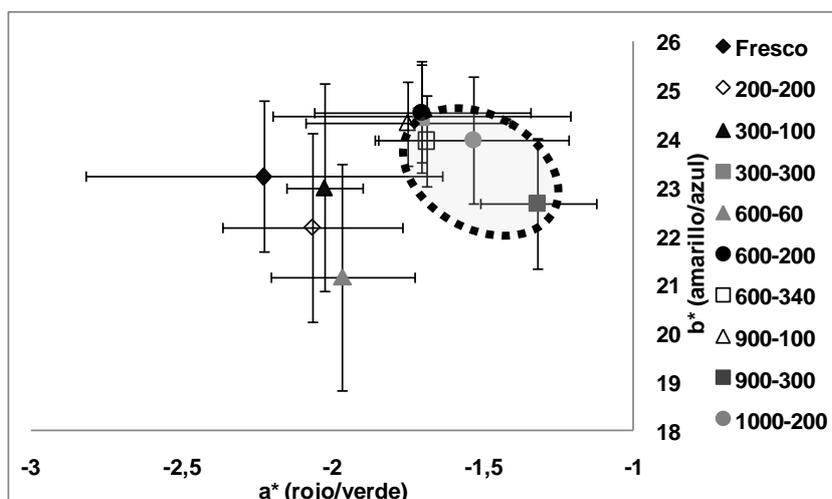
\*Las muestras que han sido identificadas con las misma letra (a, b, o c) no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ )

**FIGURA 2.** Representación gráfica de los valores de luminosidad de las diferentes muestras de puré de kiwi analizadas.

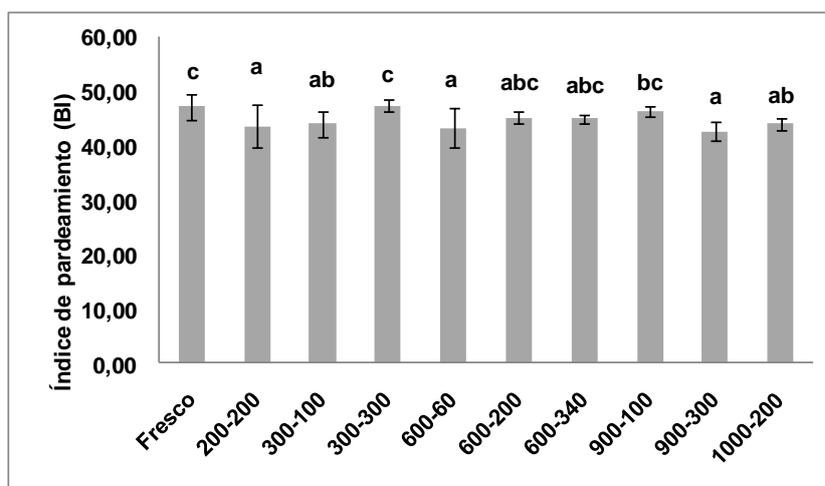
Por otro lado, en la Figura 3, es posible observar cómo afecta el tratamiento por microondas a las coordenadas de color  $a^*$  y  $b^*$ . Como consecuencia del tratamiento se produjo un aumento de los valores de  $a^*$ , que sólo puede considerarse significativo en las muestras 600-340, 900-300 y 1000-200. Asimismo, como consecuencia del tratamiento se produjeron variaciones estadísticamente significativas en los valores de la coordenada colorimétrica  $b^*$ , que en general aumentó con la intensidad del mismo. Así, las muestras tratadas de forma más intensa se desplazaron hacia tonos ligeramente más amarillo-verdosos.

El índice de pardeamiento (BI) se considera un parámetro importante en los procesos en los que tiene lugar pardeamiento enzimático y no enzimático (Maskan, 2001). En la Figura 4, puede verse el efecto que tiene el tratamiento aplicado en cada caso, sobre el índice de pardeamiento del producto. A pesar de la existencia de diferencias significativas entre algunas de las muestras, éstas no pueden asociarse a un efecto de pardeamiento de las muestras función de la intensidad del tratamiento. De hecho, teniendo en cuenta el valor de BI de la muestra fresca, no parece que estos tratamientos

pardeen el producto. Esto coincidiría con los valores obtenidos de la coordenada  $L^*$ .



**FIGURA 3.** Representación gráfica de la variación de  $b^*$  respecto a  $a^*$  en las diferentes muestras de puré de kiwi analizadas. El círculo engloba a las muestras sometidas a los tratamientos más intensos.



\*Las muestras que han sido identificadas con las misma letra (a, b, o c) no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ )

**FIGURA 4.** Representación gráfica de la variación del índice de pardeamiento de las muestras en función del tratamiento realizado.

Los valores de  $h^*$ ,  $C^*$  y  $\Delta E^*$  de todas las muestras quedan recogidos en la Tabla 3. El croma ( $C^*$ ) indica la saturación de color y es proporcional a la pureza del mismo. No se observaron prácticamente cambios en este parámetro con el tratamiento de las muestras. Sin embargo, en el caso del tono ( $h^*$ ) sí que se produjo un ligero descenso al aumentar la potencia del microondas, hecho que se traduce en un cambio hacia las tonalidades más amarillo-verdosas del producto (Maskan, 2001), como ya se ha comentado anteriormente.

**TABLA 3.** Valores medios (y desviación estándar) de los parámetros de color ( $C^*$ ,  $h^*$  y  $\Delta E^*$ ) de las muestras analizadas.

TRATAMIENTO	$C^*$	$h^*$	$\Delta E^*$
Fresco	24,3 (0,5) <sup>bcd</sup>	95 (2) <sup>bcd</sup>	-
200-200	22 (2) <sup>a</sup>	95,4 (0,7) <sup>d</sup>	2,3 (1,5) <sup>a</sup>
300-100	23 (2) <sup>abc</sup>	95,2 (0,5) <sup>cd</sup>	3,0 (0,9) <sup>abc</sup>
300-300	24,1 (0,9) <sup>bcd</sup>	93,9 (1,3) <sup>a</sup>	1,6 (1,0) <sup>a</sup>
600-60	22 (2) <sup>a</sup>	95,3 (0,6) <sup>cd</sup>	2,3 (1,8) <sup>a</sup>
600-200	24,4 (1,1) <sup>cd</sup>	94,0 (0,9) <sup>ab</sup>	4,4 (1,1) <sup>cd</sup>
600-340	24,2 (0,9) <sup>bcd</sup>	93,9 (0,2) <sup>a</sup>	4,3 (1,4) <sup>bcd</sup>
900-100	24,5 (0,9) <sup>d</sup>	94,2 (0,8) <sup>abc</sup>	2,8 (1,1) <sup>ab</sup>
900-300	22,7 (1,1) <sup>ab</sup>	93,4 (0,5) <sup>a</sup>	5,0 (0,8) <sup>d</sup>
1000-200	24,0 (1,4) <sup>bcd</sup>	93,8 (0,8) <sup>a</sup>	6 (2) <sup>d</sup>

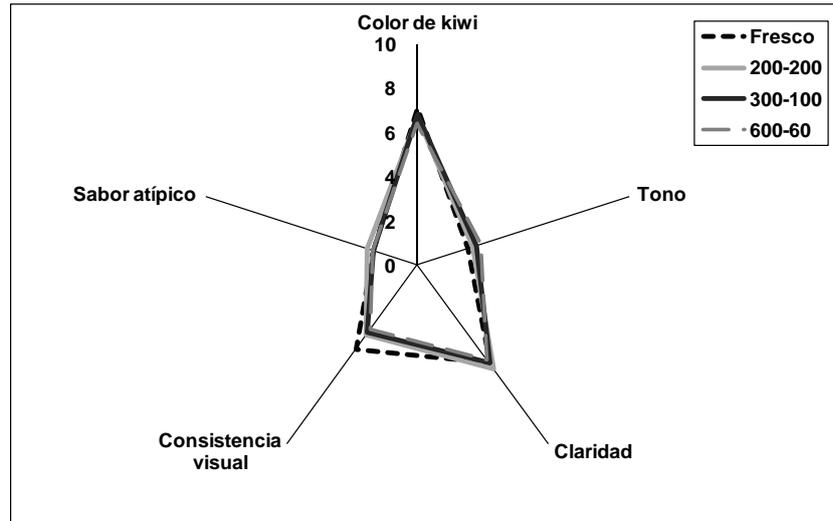
\*Las muestras que han sido identificadas con las misma letra (a, b, o c) no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ )

La diferencia de color, que se obtiene a partir de una combinación de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , es un parámetro colorimétrico ampliamente utilizado para caracterizar los cambios de color que tienen lugar en los alimentos durante el procesado. En términos generales, se puede decir que la diferencia de color aumenta a medida que lo hace la potencia de microondas empleada. De hecho, según Bodart et al. (2008),  $\Delta E^* > 3$  indican diferencias de color apreciables por el ojo humano. En este sentido, sólo se observaron cambios en el color respecto a la muestra fresca con los tratamientos más agresivos. Ello puede estar relacionado con la pérdida de pigmentos (clorofilas y xantofilas) que tiene lugar durante el tratamiento (Ancos de et al., 1999; Maskan, 2001). Asimismo, dicha pérdida puede ser la causa de los cambios producidos en el resto de coordenadas colorimétricas.

### 3.2. Análisis sensorial

Tras analizar los resultados del análisis sensorial descriptivo de las muestras, tan sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras para los atributos sensoriales denominados “color de kiwi”, “tono”, “claridad”, “consistencia visual” y “sabor atípico”.

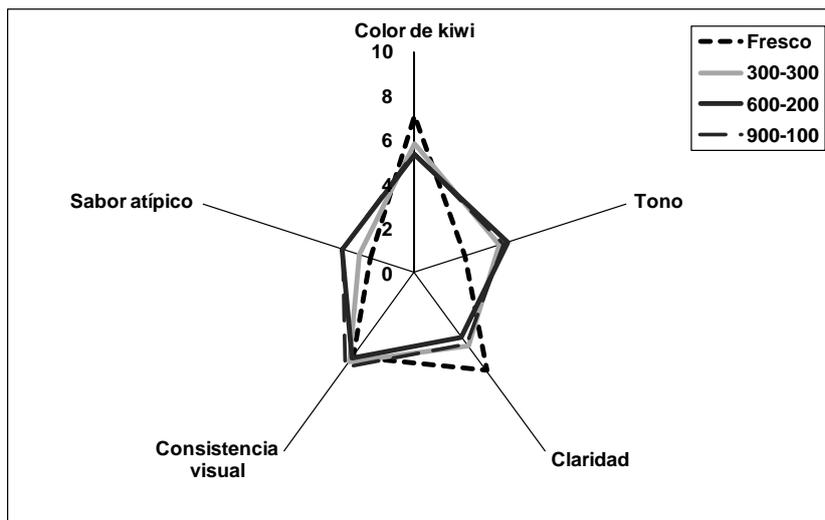
En términos generales, a medida que se intensifica el tratamiento al que fueron sometidas las muestras, se incrementan las diferencias percibidas respecto al puré de kiwi fresco para los cinco descriptores considerados (Figura 5, Figura 6 y Figura 7). En la Figura 5, se puede ver que en general, los catadores no encontraron grandes diferencias entre el puré fresco y las otras muestras (200-200, 300-100 y 600-60), que además les resultaron muy parecidas entre sí, puesto que, prácticamente se superponen. Únicamente cabe destacar, que los catadores consideraron ligeramente inferior la consistencia visual de las muestras a la del producto fresco. Asimismo, según el análisis estadístico, no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las cuatro muestras consideradas en la Figura 5 para ninguno de estos atributos sensoriales.



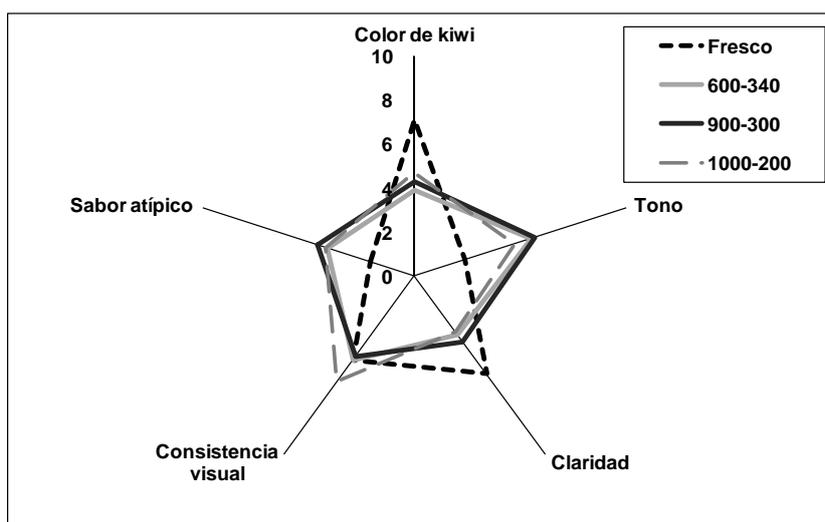
**FIGURA 5.** Representación gráfica del valor medio de las respuestas de los catadores para las muestras 200-200, 300-100 y 600-60, respecto al fresco.

En la Figura 6, se observa claramente como se han intensificado las diferencias entre las muestras y el puré fresco, para todos los atributos sensoriales a excepción de la consistencia visual. Los panelistas consideraron que las muestras 600-200 y 900-100 son significativamente ( $p < 0,05$ ) más luminosas y tienen menor intensidad de color de kiwi que el puré fresco, mientras que las diferencias detectadas entre la muestra 300-300 y el fresco no son estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) para estos atributos. Asimismo, las tres muestras parecen ser significativamente ( $p < 0,05$ ) más pardas que el fresco, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las propias muestras, ni entre las muestras y el puré fresco, para los atributos "consistencia visual" y "sabor atípico". No obstante, en este caso, los catadores también evaluaron a las tres muestras consideradas como parecidas entre sí, puesto que las líneas que las representan prácticamente se superponen.

En la Figura 7, se observan diferencias muy acusadas entre las puntuaciones otorgadas por los catadores a las muestras 600-340, 900-300 y 1000-200 y al puré fresco. Además, comienzan a verse mayores diferencias entre las propias muestras, ya que, la muestra 1000-200 sí que se diferencia de las otras dos. En general, los jueces consideraron que las tres muestras son significativamente ( $p < 0,05$ ) más luminosas, más pardas, tienen menor intensidad de color de kiwi, mayor intensidad de sabor atípico y la misma consistencia visual que el puré fresco.



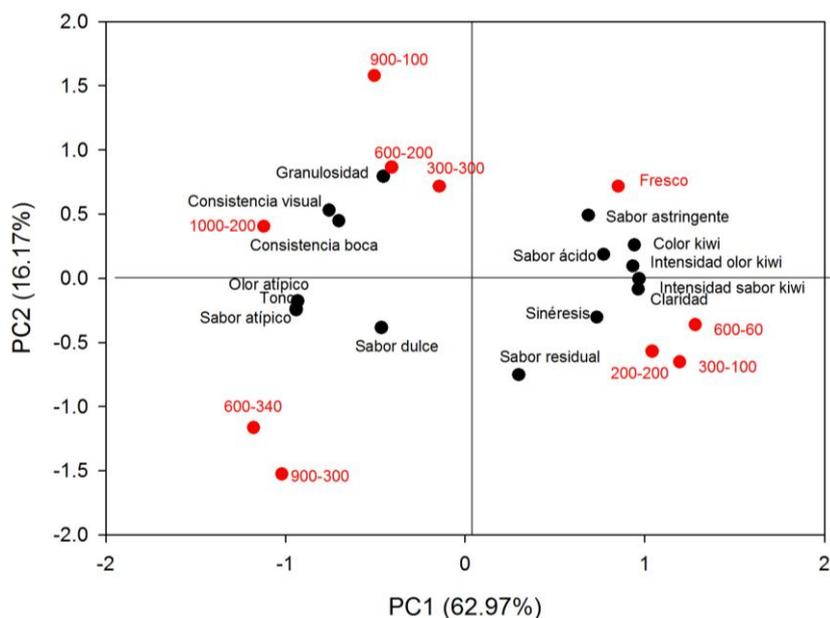
**FIGURA 6.** Representación gráfica del valor medio de las respuestas de los catadores para las muestras 300-300, 600-200 y 900-100, respecto al fresco.



**FIGURA 7.** Representación gráfica del valor medio de las respuestas de los catadores para las muestras 600-340, 900-300 y 1000-200, respecto al fresco.

En la Figura 8 se puede ver el resultado del Análisis de Componentes Principales realizado con los datos sensoriales. Como se observa, se han extraído dos componentes que explican el 79,14% de la varianza de los resultados. El primer componente explica el 62,97% de la varianza y muestra una correlación positiva con los atributos “Intensidad de olor a kiwi”, “Color de kiwi”, “Claridad”, “Sinéresis”, “Sabor ácido”, “Sabor astringente”, “Intensidad sabor a kiwi” y una correlación negativa con los atributos “Olor atípico”, “Tono”, “Sabor atípico”, “Consistencia visual” y Consistencia en boca”. El segundo componente explica el 16,17% de la varianza y muestra una correlación positiva con el atributo “Granulosidad” y una correlación

negativa con el atributo “Sabor residual”. Por tanto, se puede decir que prácticamente todas las características de los purés de kiwi se podrían explicar por el primer componente. Las muestras 200-200, 300-100, 600-60 y la fresca se caracterizan principalmente por el sabor astringente y ácido, el color, el olor y el sabor característicos del kiwi, ya que los tratamientos que han sufrido estas muestras son los más suaves. Sin embargo, las muestras 600-340, 900-300 y 1000-200 que han sufrido tratamientos más severos, se caracterizan por tener un mayor olor y sabor atípicos, una mayor consistencia, tanto visual como en boca y una mayor tonalidad parda. Por último, las muestras 300-300, 600-200 y 900-100 se caracterizan por tener una mayor granulosidad y consistencia.



**FIGURA 8.** Resultado del análisis de componentes principales con la representación de las dos primeras componentes.

### 3.3. Correlación entre datos instrumentales y sensoriales

Los resultados de la correlación de Pearson entre los datos instrumentales y sensoriales están resumidos en la Tabla 4. Los atributos sensoriales que no aparecen en la tabla no mostraron correlaciones significativas con los datos instrumentales, como era de esperar ya que se referían a atributos sobre el aroma y sabor que no se determinaron desde el punto de vista instrumental. Además en la tabla están marcados en negrita aquellos atributos para los que la correlación con las medidas instrumentales parece tener más sentido. A la vista de los resultados se puede observar que existe una correlación significativa entre los parámetros instrumentales de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $h^*$ ) y los atributos sensoriales “color de kiwi”, “tono” y “claridad”. Se encontró una correlación negativa entre “color de kiwi” y “claridad” con  $L^*$  y  $a^*$  y positiva con  $h^*$ . Se observó el comportamiento inverso para el atributo “tono”. También se encontró una correlación negativa

entre la distancia de avance de la muestra en el Bostwick y la “consistencia visual” medida por el panel de catadores, es decir una correlación positiva entre la consistencia instrumental y la visual.

**TABLA 4.** Valores de correlación entre diferentes parámetros sensoriales e instrumentales.

VARIABLES SENSORIALES	INTRUMENTALES			
	Consistencia	L*	a*	h*
Intensidad Olor kiwi	0,925 <sup>a</sup>	-0,778 <sup>a</sup>	-0,823 <sup>a</sup>	0,844 <sup>a</sup>
Olor atípico	-0,860 <sup>a</sup>	0,851 <sup>a</sup>	0,845 <sup>a</sup>	-0,837 <sup>a</sup>
Color kiwi	0,897 <sup>a</sup>	<b>-0,880<sup>a</sup></b>	<b>-0,882<sup>a</sup></b>	<b>0,870<sup>a</sup></b>
Tono	-0,881 <sup>a</sup>	<b>0,869<sup>a</sup></b>	<b>0,936<sup>a</sup></b>	<b>-0,921<sup>a</sup></b>
Claridad	0,945 <sup>a</sup>	<b>-0,888<sup>a</sup></b>	<b>-0,881<sup>a</sup></b>	<b>0,932<sup>a</sup></b>
Consistencia Visual	<b>-0,721<sup>a</sup></b>	0,602	0,562	-0,708 <sup>a</sup>

\*Los valores marcados con una letra (a) son estadísticamente diferentes de 0 ( $p < 0,05$ ).

#### 4. CONCLUSIONES

La aplicación de microondas a niveles de potencia, tiempos o una combinación de estos dos factores que dé lugar a tratamientos de una cierta intensidad, afecta principalmente al color y sabor del producto. Este hecho se hace patente a través de las diferencias encontradas entre el puré fresco y el tratado, en los resultados procedentes del análisis sensorial y del instrumental. Por un lado, respecto al análisis instrumental, se puede decir que las muestras que recibieron tratamientos más severos (600-340, 900-300 y 1000-200), resultaron ser significativamente más consistentes, más viscosas y experimentaron un aumento de luminosidad más acusado que el resto. En lo referente al análisis sensorial, los catadores sólo encontraron diferencias significativas entre las muestras en los atributos “color de kiwi”, “tono”, “claridad”, “consistencia visual” y “sabor atípico”, que se acentuaron al incrementarse la intensidad de los tratamientos aplicados. Las muestras sometidas a los tres tratamientos más intensos mostraron la mayor variación de estos parámetros. Para la evaluación instrumental del color y consistencia percibidos visualmente en este producto, los parámetros más indicados, entre los considerados en este estudio, serían las coordenadas de color L\*, a\* y el ángulo de tono y la distancia de avance medida con el consistómetro Bostwick.

#### 5. REFERENCIAS

1. Albert, A.; Varela, P.; Salvador, A.; Fiszman, S, M. 2009. Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *Eur Food Res Technol.* **228**: 923-930.
2. Ancos de, B.; Cano, M, P.; Hernández, A.; Monreal, M. 1999. Effects of microwave heating on pigment composition and color of fruit purees, *Journal of the Science of Food and Agriculture.* **79**: 663-670.
3. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. MD, USA: Gaithersburg.

4. Barboni, T.; Cannac, M & Chiaramonti, N. 2010. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry*. **121**: 946–951.
5. Beiraõ-da-costa, S.; Steiner, A.; Correia, L.; Empis, J.; Moldaõ-martins, M. 2006. Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Engineering*. **76**: 616-625.
6. Bodart, M.; de Peñaranda, R.; Deneyer, A.; Flamant, G. 2008. Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. *Building and Environment*. **43**: 2046-2058.
7. Bourne, M. C. 1982. Food Texture and Viscosity-Concept and Measurement. Academic Press, New York.
8. Cano, M. P.; Hernández, A.; Ancos de, B. 1997. High Pressure and Temperature Effects on Enzyme Inactivation in Strawberry and Orange Products, *Journal of Food Science*, **62** (1): 85-88.
9. Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Camacho, M. M. & González, C. (1998). Experimentos de fisicoquímica de alimentos. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España.
10. Chiralt, A.; Martínez-Navarrete, N.; González, C.; Talens, P.; Moraga, G. 2007. Propiedades físicas de los alimentos. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España.
11. Dubost, N, J.; Shewfelt, R, L.; Eitenmiller, R, R. 2003. Consumer acceptability, sensory and instrumental analysis of peanut soy spreads, *Journal of Food Quality*, **26**: 27-42.
12. Escribano, S.; Sánchez, F. J.; Lázaro, A. 2010. Establishment of a sensory characterization protocol for melon (*Cucumis melo* L.) and its correlation with physical-chemical attributes: indications for future genetics improvements, *Eur Food Res Technol*, **231**: 611-621.
13. Fang, L.; Jiang, B.; Zhang, T. 2008. Effect of combined high pressure and thermal treatment in kiwifruit peroxidase. *Food Chemistry*. **109**: 802-807.
14. Fisk, C. L.; McDaniel, M. R.; Strick, B. C.; Zhao, Y. 2006. Physicochemical, Sensory, and Nutritive Qualities of Hardy Kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') as Affected by Harvest Maturity and Storage. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*. **71**(3): 204-210.
15. Fúster, C.; Préstamo, G.; Cano, M, P. 1994. Drip Loss, Peroxidase and Sensory Changes in Kiwi fruit Slices During Frozen Storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **64**: 23-29.
16. Guldás, M. 2003. Peeling and the physical and chemical properties of kiwi fruit. *Journal of Food Processing Preservation*. **27**: 271-284.
17. Igual, M; Contreras, C.; Martínez-Navarrete, N. 2010 Non-conventional techniques to obtain grapefruit jam. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*. **11**: 335-341.
18. Jaeger, S, R.; Rossiter, K. L.; Wismer, W. V.; Harker, F. R. 2003. Consumer-driven product development in the kiwifruit industry. *Food Quality and Preference*. **14**: 187-198.
19. Lawless H.; Heymann H. 1998. Sensory evaluation of food, Principles and practices. Chapman & Hall, New York.
20. Leunda, M. A.; Guerrero, S. N.; Alzamora, S. M. 2000. Color and chlorophyll content changes of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Processing Preservation*. **24**: 17-38.
21. MAPA, *Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero*, [en línea]. 2010. Dirección  
URL:<<http://www.mapa.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?target=print&lng=es&IdFicha=1168#parrafoImportancia634013107501639103>>, [Consulta: 05 de Octubre de 2010),

- 22.Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. **48**:169-175.
- 23.Mohammadi, A.; Rafiee, S.; Emam-Djomeh, Z.; Keyhani, A. 2008. Kinetic Models for Colour Change in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying. *World Journal of Agricultural Sciences*. **4 (3)**: 376-383.
- 24.Nielsen, S, S. 2010. Food analysis laboratory manual. Springer, USA.
- 25.Oraguzie, N.; Alspach, P.; Volz, R.; Whitworz, C.; Ranatunga, C.; Weskett, R.; Harker, R. 2009. Postharvest assessment of fruit quality parameters in apple using both instrument and an expert panel. *Postharvest Biology and Technology*. **52**: 279-287.
- 26.Pagliarini, E.; Laureati, M.; Lavelli, V. 2010. Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *Eur Food Res Techno*. **231**: 37-46.
- 27.Park, E. Y.; Luh, B. S. 1985. Polyphenol Oxidase of Kiwifruit. *Journal of Food Science*. **50**: 678-684.
- 28.Powers, J. J. 1988. Sensory analysis of foods. Elsevier, London.
- 29.Segnini, S.; Dejmek, P.; Öste, R. 1999. Relationship between instrumental and sensory analysis of texture and color of potato chips. *Journal of Texture Studies*. **30**: 677-690.
- 30.Soufleros, E, H.; Pissa, I.; Petridis, D.; Lygerakis, M.; Mermelas, K.; Boukouvalas, G.; Tsimitakis, E. 2001. Instrumental analysis of volatile and other compounds of Greek kiwi wine; sensory evaluation and optimization of its composition, *Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section*. **75**: 487-500.
- 31.Vadivambal, R.; Jayas, D. S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems Engineering*. **98**: 1-16.
- 32.Worch, T.; Lê, S.; Punter, P. 2010. How reliable are the consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. *Food Quality and Preference*. **21**: 309-318.
- 33.Zolfaghari, M.; Sahari, M., A.; Barzegar, M.; Samadloiy, H. 2010. Physicochemical and Enzymatic Properties of Five Kiwifruit Cultivars during Cold Storage. *Food Bioprocess Techn.*, **3**:239-246.