

## **Estudio de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de productos de kiwi obtenidos mediante métodos combinados de secado.**

F. Pérez Juárez, P. Tarancón<sup>2</sup> E.García-Martínez<sup>1</sup>.

### **RESUMEN**

En las últimas décadas se han producido cambios en los hábitos de consumo, que muestran una tendencia de los consumidores hacia productos procesados con una mayor vida útil, fáciles de preparar y con similar calidad que los productos frescos. La liofilización es una técnica de secado que permite obtener alimentos deshidratados de alta calidad pero tiene el inconveniente de que conlleva costes elevados y requiere largos tiempos de proceso. Desde este punto de vista, el uso de la liofilización combinado con el secado por microondas puede favorecer la obtención de productos con una adecuada relación calidad/coste. Cuando se trata de productos liofilizados a base de fruta, debemos considerar su elevada higroscopicidad y tendencia a sufrir cambios en sus propiedades físicas dado su alto contenido en azúcares y ácidos. Esto hace recomendable la adición de solutos de alto peso molecular para que actúen como barrera frente a la adsorción de agua. El objetivo de este trabajo fue estudiar propiedades físicas, fisicoquímicas y sensoriales de productos de kiwi en polvo rehidratados obtenidos por tratamientos combinados de secado con microondas y el efecto de goma arábiga y carboximetilcelulosa. Los resultados obtenidos muestran que el pretratamiento con microondas es una opción viable como paso previo a la liofilización ya que no afecta a las características estudiadas del kiwi en polvo rehidratado. Por otro lado, los resultados de este trabajo ponen de manifiesto la importancia de la preservación del color verde, ya que esta característica física está directamente relacionada con la preferencia de los catadores.

**Palabras clave:** kiwi, liofilización, goma arábiga, carboximetilcelulosa, análisis sensorial, color, consistencia.

### **RESUM**

En les últimes dècades s'han produït canvis en els hàbits de consum, que mostren una tendència dels consumidors cap a productes processats amb una major vida útil, fàcils de preparar i amb similar qualitat que els productes frescos. La liofilització és una tècnica d'assecat que permet obtenir aliments deshidratats d'alta qualitat però té l'inconvenient que comporta costos elevats i requereix llargs temps de procés. Des d'aquest punt de vista, l'ús de la liofilització combinat amb l'assecat per microones pot afavorir l'obtenció de productes amb una adequada relació qualitat/cost.

<sup>1</sup> Grup de Investigació i Innovació Alimentària (CUINA). Departament de Tecnologia de Alimentos. Universitat Politècnica de València. Camí de Veras/n.46022. València.

<sup>2</sup> Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). Avda. Agustín Escardino, 7, 46980, Paterna, València

Quan es tracta de productes liofilitzats de fruita, hem de considerar la seva elevada higroscopicitat i tendència a patir canvis en les seves propietats físiques donat el seu alt contingut en sucres i àcids. Això fa recomanable l'addició de soluts d'alt pes molecular perquè actuin com a barrera enfront de l'adsorció d'aigua. L'objectiu d'aquest treball va ser estudiar propietats físiques, fisicoquímiques i sensorials de productes de kiwi en pols rehidratats obtinguts per tractaments combinats d'assecat amb microones i l'efecte de goma aràbiga i carboximetilcel. Els resultats obtinguts mostren que el pretractament amb microones és una opció viable com a pas previ a la liofilització ja que no afecta les característiques estudiades del kiwi en pols rehidratat. D'altra banda, els resultats d'aquest treball posen de manifest la importància de la preservació del color verd, ja que aquesta característica física està directament relacionada amb la preferència dels catadors.

**Paraules clau:** Kiwi, liofilització, microones, goma aràbiga, carboximetilcel·lulosa, anàlisi sensorial, color, consistència.

## **ABSTRACT**

Over the last decades, changes in the consumer habits have shown consumers preferences towards ready-to-eat products with a longer life but with a similar quality than fresh foods. Freeze drying is a drying technique that allows obtaining high quality dehydrated foods but it has the drawback of the high costs and longtime processes. To improve the quality/costs relationship of freeze dried foods, an interesting option is to apply a previous microwave drying previous to the lyophilized process. Due to its high hygroscopicity, fruit is prone to undergo changes in the physical properties during the freeze drying. Therefore, it is advisable to add high molecular weight solutes to act as barrier against the water adsorption. The aim of this work was to study the physical, physicochemical and sensory properties of rehydrated kiwi powder obtained with the combined drying methods of microwave and freeze drying and to study the protective effect of the Arabic gum and the carboxymethylcellulose. According to the results, the use of microwave as a previous step to the freeze drying is a viable option as the studied properties of the rehydrated kiwi powder are not affected. On the other hand, the green colour preservation proved to be an important physical characteristic highly related with the assessors' preference.

**Keywords:** Kiwi, freezedrying, microwaves, arabic gum, carboximethyl cellulose, sensory analysis, color, consistency.

## INTRODUCCIÓN

El kiwi es una fruta originaria del sur de China y pertenece a la familia de las actinidáceas (Fisk et al., 2006; Fúster et al., 1994; Jaeger et al., 2003). Esta fruta se caracteriza por contener cantidades significativas de compuestos biológicamente activos (carotenoides, luteína, compuestos fenólicos, flavonoides, clorofila, etc.), cuya presencia determina su elevada actividad antioxidante (Cassanoetal, 2006; Gil Ángel, 2010). La mayor parte de la producción del kiwi se destina al consumo directo como fruta fresca. Sin embargo, al tratarse de un producto perecedero y dado que, alrededor del 25% de la producción no puede destinarse al consumo en fresco por no ajustarse al calibre o aspecto estandarizados, la transformación y el procesado industrial de esta fruta resulta una alternativa interesante (Fang et al., 2008; Fúster et al., 1994) para la obtención de productos derivados del kiwi que permitan poder disfrutar de su sabor y de sus múltiples efectos beneficiosos.

En las últimas décadas se han producido cambios en los hábitos de consumo, que muestran una tendencia de los consumidores a productos con una mayor vida útil y que permitan su consumo en cualquier circunstancia. Por otro lado, los consumidores muestran cada vez un mayor interés por el aspecto saludable los alimentos, por lo que exigen productos procesados con características nutricionales y sensoriales similares a las de los productos frescos. Por ello, se hace necesaria la implementación de nuevas tecnologías de procesado y de transformación que permitan preservar los alimentos, garantizando la calidad nutricional y sensorial, y a su vez que sean económicamente y ambientalmente sostenibles.

La liofilización es una técnica de secado que permite obtener alimentos deshidratados de alta calidad sensorial, nutritiva y funcional (Varnam y Sutherland, 1994; Mosquera, 2010) en comparación con otros métodos clásicos de secado por calor. Se basa en la eliminación del agua presente en un producto previamente congelado por sublimación, al introducirlo en una cámara de vacío (Wang et al. 2007). Durante el proceso de liofilización se producen cambios mínimos en el color, sabor y aroma del producto (Menlik et al., 2010), presentando al final del proceso una estructura porosa, sin muestras de encogimiento y una buena capacidad de rehidratación (Fennema et al 1993; Krokida et al., 2000). Sin embargo, conlleva costes elevados y requiere largos tiempos de proceso para obtener un producto en condiciones óptimas (Mosquera, 2010; Menlik et al., 2010). Desde este punto de vista, podría resultar conveniente la aplicación de tratamientos combinados, haciendo uso de técnicas como microondas (MW), para eliminar parte del agua del producto antes de ser liofilizado (Huang et al., 2011; Zhang et al., 2006).

Las microondas son ondas electromagnéticas no ionizantes con frecuencias de emisión comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz, con un poder de penetración superior a la radiación infrarroja. Los microondas de usos comerciales inducen cambios en el valor del campo electromagnético 915 o 2450 millones de veces por segundo, originando rotaciones y fricciones

moleculares de las sustancias polares de los alimentos que se traducen en una rápida elevación de la temperatura (Berteaud y Delmonte, 1993). El elevado poder de penetración de las microondas supone un calentamiento volumétrico del producto más rápido, lo que permite disminuir el tiempo de proceso, contribuyendo a una mejor conservación de las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales del alimento (Ancos de et al, 1999).

En general, los productos liofilizados mantienen una excelente estabilidad con el tiempo, sin embargo, en el caso de las frutas, deben tenerse en cuenta su elevada higroscopicidad y su tendencia a sufrir cambios en sus propiedades físicas y fisicoquímicas debido a su alto contenido en azúcares y ácidos (BerkZeki, 2008). Esto hace recomendable la adición de aditivos tecnológicos que reduzcan estos cambios indeseables y aporten estabilidad al producto. La adición de solutos de alto peso molecular como coadyuvantes del proceso, tales como la goma arábica o la carboximetilcelulosa, resulta una opción interesante ya que ambos aportan estabilidad a la matriz en la que se incluyen debido a su acción barrera frente a la adsorción de agua (Belitz 1997). Estos solutos también se ha visto que actúan como agentes encapsulantes, evitando la oxidación y la volatilización de los componentes responsables del flavor (Jittra et al., 2009). La goma arábica es un hidrocoloide producido por la exudación natural de los árboles de acacia y es un agente de encapsulación eficaz, debido a su alta solubilidad en agua, además, se asocia con un aumento de la temperatura de transición vítrea de los alimentos, de forma que permite reducir su carácter higroscópico. Además, aumenta la viscosidad del producto en polvo reconstituido haciéndolo más semejante al producto fresco (Gabas et al., 2007; Mosquera et al., 2010). Por su parte, la carboximetilcelulosa es un derivado de la celulosa utilizado principalmente para incrementar la viscosidad de los alimentos (Fennema, et al 1993). También tiene la propiedad de mantener suspendidas, de manera homogénea, a las partículas, evitando la sedimentación. Este soluto se utiliza como estabilizante por muchas razones, entre ellas, porque permite obtener alimentos con un amplio intervalo de viscosidades, forma geles que son estables a bajos pHs y minimiza la sinéresis (Wong, 1995).

Para que un producto tenga éxito en el mercado es necesario que presente propiedades nutricionales y funcionales de acuerdo a las exigencias del consumidor. Pero además, las características sensoriales del producto deben satisfacer el gusto del consumidor y así, proporcionarle una experiencia placentera al ser consumido (Rosenthal, 1999). En este sentido, la evaluación sensorial es un aspecto clave en el desarrollo de nuevos productos (Dubost et al., 2003) ya que aporta información acerca de cuáles son las características sensoriales que más se ven afectadas por los cambios en la composición o en el procesado.

Por otro lado, el control de la calidad requiere la realización de medidas instrumentales que impliquen mayor comodidad, rapidez y reproducibilidad pero que, a su vez, estén relacionadas con la percepción sensorial del producto. 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 productos (Oraguzie et al., 2009; Segnini et al., 1999). Sin embargo, la relevancia de estos resultados dependerá de su correlación con los atributos sensoriales que describen a cada producto (Oraguzie et al., 2009). Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue el estudio del efecto de la aplicación de un secado parcial por microondas como pretratamiento a la liofilización, en las propiedades físicas, fisicoquímicas y sensoriales de productos de kiwi en polvo rehidratados. Además se estudió el efecto de la incorporación de solutos de alto peso molecular con efecto protector sobre las mismas características.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Materia prima**

Para la realización de este estudio se utilizaron kiwis (*Actinida deliciosa*) de la variedad Hayward que fueron seleccionados de acuerdo al mismo estado de madurez (apreciación visual) adquiridos en un supermercado local (Cadena Mercadona) de la ciudad de Valencia (España).

### **Procesado**

#### **PREPARACIÓN DEL PURÉ DE KIWI**

Las piezas de fruta, fueron peladas, lavadas, cortadas en rodajas y trituradas en una mezcladora eléctrica Thermomix (TM 21, Vorwerk, España) a velocidad 4 durante 3 minutos. Al puré de kiwi obtenido se le añadió los solutos de alto peso molecular: goma arábica (GA; Sigma, España) y carboximetilcelulosa (CMC; Alfa Aesar GmbH & Co, Karlsruhe, Germany) como coadyuvantes tecnológicos del proceso de liofilización. Las cantidades adicionadas se plantearon según estudios previos realizados. A estas concentraciones de solutos se observaron buenos resultados en cuanto a humedad, higroscopicidad, propiedades mecánicas, color y actividad antioxidante de los productos en polvo obtenidos (Wu et al., 2013; Cervera et al., 2013). Así, se prepararon muestras con un 9 g de GA/100 g puré y muestras con una mezcla de 1g de CMC/100 g puré + 8 g de GA/100 g puré (Tabla 1).

#### **PRETRATAMIENTO CON MICROONDAS**

Parte de las muestras de puré de kiwi a las que se adicionó 9 g de GA/100 g puré fueron sometidas a un pretratamiento que consistió en un proceso de secado por microondas (NORM 3038GC, China) previamente a su liofilización hasta obtener un nivel de humedad de 65 g agua/100 puré, según estudios de optimización realizados previamente (Cervera et al., 2013). Para ello, se depositaron 300 g de puré de kiwi, repartidos

homogéneamente, en recipientes de teflón (MECAPLAST, España) con dimensiones estandarizadas (diámetro 25 cm y altura 3 cm) formando una capa de 5 mm espesor. La potencia de trabajo fue de 600 W. Las condiciones de proceso empleadas se seleccionaron de acuerdo con experiencias previas (Cervera et al., 2013; Benlloch-Tinoco et al., 2012). El tiempo de tratamiento se estableció en base a la humedad final objetivo. Para ello, se emplearon balances de materia asumiendo que toda la pérdida de peso durante esta etapa de secado se correspondía con la pérdida de agua.

**TABLA 1: Composición en solutos Goma arábica (GA, g/100g puré kiwi) y carboximetilcelulosa (CMC, g/100g puré kiwi) de las muestras estudiadas.**

| MUESTRA  | PRE-TRATAMIENTO MW | GA | CMC |
|----------|--------------------|----|-----|
| GA+MW+L  | Sí                 | 9  | -   |
| GA+L     | -                  | 9  | -   |
| GA-CMC+L | -                  | 8  | 1   |

## LIOFILIZACIÓN

Para obtener kiwi en polvo, el puré de kiwi se sometió a un proceso de liofilización. Para ello, las muestras preparadas de acuerdo a la tabla 1, se depositaron en bandejas de aluminio de tamaño estandarizado (30 cm de diámetro y 5 cm de alto) formando capas de 5 mm de espesor. Posteriormente las muestras se almacenaron durante 24 horas antes de la liofilización en un criocongelador (CVF 525/86, Ing. Climas, España) a -86 °C con el fin de asegurar la congelación de todo el agua congelable del producto. Finalmente, se llevó a cabo la liofilización a 0,026 mBar y -56,6 °C, empleando un liofilizador LioAlfa-6 (Telstar, España). Tras la liofilización y con el fin de obtener el producto en polvo la muestra fue triturada en una picadora eléctrica (Moulinex, Moulinette: 320). El producto así obtenido se envasó a vacío con una envasadora Tecnotrip EVO86154 (España) y se almacenó en un desecador con gel de sílice y cierre de silicona al resguardo de la luz hasta el momento de su análisis.

## PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tras el proceso de liofilización y para obtener las muestras de puré de kiwi objeto del estudio, la rehidratación de los productos en polvo liofilizados se llevó a cabo en recipientes de cristal de dimensiones estandarizadas (4,2 cm de diámetro y 6 cm de alto), a 20°C y en agitación continua (700 rpm) durante 20 minutos. A las muestras en polvo se les añadió agua destilada con el fin de rehidratarlas hasta obtener un producto con la misma cantidad de sólidos solubles en la fracción líquida presentes en el puré de kiwi después de la adición de solutos. Para calcular la cantidad de agua a añadir en cada caso se emplearon los correspondientes balances de materia (ecuaciones 1 y 2):



$$M_{PR} = M_P + M_W \quad (1)$$

$$M_{PR} \cdot X_{KS} = M_{PP} \cdot X_{PP} + M_W \cdot X_W \quad (2)$$

Siendo:  $M_{PR}$ =Masa final del producto en polvo rehidratado (g);  $M_W$ = Masa de agua (g);  $M_P$  = Masa de producto en polvo (g);  $X_{KS}$ = Humedad inicial de puré de kiwi con solutos (g agua/100g de producto);  $X_W$ =100 (g agua/100g de producto);  $X_{PP}$ = Humedad del producto en polvo (g agua/100g de producto)

## Análisis

### HUMEDAD

La humedad ( $X_w$ ) se determinó por el método oficial para alimentos ricos en azúcares (AOAC 934.06, 2000). Este método consiste en la determinación de la pérdida de peso de la muestra mediante desecación de la misma en una estufa de vacío (Vacioterm, J.P. Selecta) a una temperatura de 60°C y una presión de 10mm Hg, dejando secar hasta que las muestras alcanzan un peso constante. La variación de peso se midió en una balanza METTLER AE 100 de precisión 0,1 mg.

### SÓLIDOS SOLUBLES

Los sólidos solubles de la fracción líquida (expresados como °Brix) se midieron en la muestra previamente homogeneizada a 20°C en un refractómetro digital portátil Refracto 3PX (METER TOLEDO, Suiza).

### COLOR

La medida del color se realizó con un colorímetro Minolta CM 3600D (Minolta Co. Ltd., Japón). Se obtuvo el espectro de reflectancia y a partir de él los resultados se expresaron en el sistema CIEL\*a\*b\*, utilizando como referencia el iluminante D65 y observador 10°. Las muestras se colocaron en cubetas de dimensiones estandarizadas (37mm×50mm×22mm) sobre fondo negro. En todos los casos se obtuvieron valores de las coordenadas L\*, luminosidad en una escala entre 0 y 100, desde el negro al blanco; a\* (que indica la cantidad de color rojo (+)/verde (-)) y de b\* (color amarillo (+)/azul (-)). Posteriormente, a partir de los valores de L\*, a\*, b\*, se calculó el tono ( $h^*_{ab}$ ) (ecuación 3) y la diferencia de color ( $\Delta E^*$ ) (ecuación 4) (Maskan, 2001).

$$h^*_{ab} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

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

## PARÁMETROS REOLÓGICOS

Para determinar el índice de consistencia ( $k$ ) y el índice de comportamiento al flujo ( $n$ ), se obtuvo la curva de flujo aplicando un barrido ascendente y descendente de gradiente de velocidad de 0 a  $150 \text{ s}^{-1}$  (en 600 s) a  $20^\circ\text{C}$ , usando un reómetro rotatorio con un sensor Z34DIN Ti (HAAKE Rheostress 1, Thermo Electric Corporation, Alemania). Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo de Ostwald de Waele (ecuación 5).

$$\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (5)$$

Donde:  $\sigma$  = variación del esfuerzo cortante;  $\dot{\gamma}$  = gradiente de velocidad  
 $k$  = Índice de consistencia ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ );  $n$  = Índice de comportamiento flujo.

## CONSISTENCIA

Para determinar la consistencia se midió la distancia de avance (mm/g) de una cantidad de peso muestra conocida, durante 30 s, utilizando un consistómetro Bostwick, según la metodología descrita por Igual, et al. (2010).

## ACIDEZ

Se determinó el % acidez por medio de una titulación ácido-base con una solución de álcali estandarizado, expresando los resultados de la acidez titulable como g ácido cítrico/100 mL (AOAC Official Method 942.15, 2005).

## ANÁLISIS SENSORIAL

Para caracterizar sensorialmente las muestras se realizó un test de ordenación de acuerdo a la norma UNE-ISO 8587:2010. Para ello un panel de 48 catadores no entrenados con edades comprendidas entre 20 y 35 años evaluó la preferencia y distintos atributos de las 4 muestras. Los atributos evaluados fueron el color verde, la consistencia, el dulzor, el sabor a kiwi y la acidez. Para evaluar la preferencia de la muestras los catadores puntuaron del 1 al 4, siendo la muestra en primera posición la preferida y la última la de menor preferencia. Para el resto de atributos los catadores asignaron un 1 a la muestra en la cual se percibía menor intensidad y un 4 a la muestra percibida con mayor intensidad de dicho atributo (Meilgaard, Civille y Carr, 1999).

La hoja de cata utilizada en la prueba se muestra en la figura 1. La evaluación de las muestras se realizó en una sala de cata normalizada equipada con cabinas individuales (UNE 8589, 2010) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (UPV). Con el objetivo de reducir el posible efecto debido al orden de presentación de muestras, cada una de ellas fue presentada en primer lugar al mismo número de catadores. Las muestras se presentaron simultáneamente en



vasos de plástico codificados con 3 dígitos al azar y se facilitó agua para enjuagar la boca entre cada muestra.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el fin de evaluar las diferencias existentes entre las muestras se efectuó un análisis de la varianza (ANOVA) para un nivel de significación ( $\alpha= 0,05$ ). Para el cálculo de las constantes del modelo de Ostwald de Waele, se empleó un análisis de regresión no lineal basado en el método de estimación Levenberg-Marquardt. Los datos sensoriales obtenidos mediante la prueba de ordenación fueron analizados mediante un análisis de la varianza de Friedman (Meilgaard, Civille y Carr, 1999; Tárrega y Costell, 2007) (ecuación 6) y las diferencias entre muestras se determinaron mediante el test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ) (ecuación 7) modificado para datos no paramétricos (Meilgaard, Civille y Carr, 1999).

$$F = \left( \left[ \frac{1}{bt(t+1)} \right] \sum_{j=1}^t x_{.j}^2 \right) - 3b(t+1) \quad (6)$$

$$LSDrango = \frac{\left( \frac{Z_{\alpha}}{2} \right) \sqrt{bt(t+1)}}{6} \quad (7)$$

donde b = número de catadores, t = número de muestras,  $x_{.j}$  = Sumatorio de ordenación para cada muestra.

Finalmente se realizó un análisis de correlación de Pearson para estudiar la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los sensoriales. Todos los análisis se realizaron empleando el programa XLSTAT 2009.4.03.

**FIGURA 1.** Hoja de cata empleada para el test de ordenación

**BIENVENIDO A LA SALA DE CATAS**

Hoy va a probar 4 muestras de un producto de kiwi. En primer lugar compruebe que el orden de las muestras de izquierda a derecha es el siguiente:

**463-058-129-702**

- Observe y pruebe** las muestras de izquierda a derecha y ordénelas del 1 al 4 de acuerdo a su preferencia, siendo 1 la muestra **MÁS preferida** y la 4 la **MENOS preferida**.

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
- Observe** las muestras y ordénelas del 1 al 4 en cuanto a la **intensidad de color verde**, siendo 1 la muestra con **MENOR** intensidad de color verde y la 4 la muestra con **MAYOR** intensidad de color verde.

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
- Observe** de nuevo las muestras ordénelas de **MENOR a MAYOR consistencia** (1: la menos consistente, 4: la más consistente)

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
- Ahora pruebe** las muestras de nuevo de izquierda a derecha y ordénelas del 1 al 4 en cuanto al:

  - o **Dulzor** (1: la menos dulce, 4: la más dulce)

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
  - o **Sabor a kiwi** (1: menos sabor a kiwi, 4: más sabor a kiwi)

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
  - o **Acidez** (1: la menos ácida, 4: la más ácida)

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 463                  | 058                  | 129                  | 702                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
  - Indique ahora, por favor, con qué frecuencia consume fruta fresca:

|   |   |   |                                   |
|---|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Todos los días | <input type="checkbox"/> 1-2 veces por semana | <input type="checkbox"/> 1-2 veces al mes | <input type="checkbox"/> Rara vez |
|---|---|---|-----------------------------------|
  - ¿Con qué frecuencia consume productos derivados de fruta?

|   |   |   |                                   |
|---|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Todos los días | <input type="checkbox"/> 1-2 veces por semana | <input type="checkbox"/> 1-2 veces al mes | <input type="checkbox"/> Rara vez |
|---|---|---|-----------------------------------|
  - Sexo

|                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Hombre | <input type="checkbox"/> Mujer |
|---------------------------------|--------------------------------|
  - Edad

|                                |                                |                                    |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 18-25 | <input type="checkbox"/> 26-35 | <input type="checkbox"/> Más de 36 |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|

**¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los datos obtenidos del análisis físico y fisicoquímico de las muestras empleadas en este estudio. En cuanto a la caracterización de la materia prima, en general, todos los valores obtenidos para el puré de kiwi fresco fueron similares a los publicados por otros autores para esta fruta (Antunes et al., 2010; De Ancos et al., 1999; Fúster et al., 1994; Zolfaghari et al., 2010). Como era de esperar las muestras de kiwi en polvo rehidratadas no presentaron diferencias significativas entre sí en los °Brix, lo que permitió corroborar que se alcanzaron los niveles de sólidos solubles prefijados. Tanto la adición de solutos como el pretratamiento con MW afectaron de manera significativa a los parámetros de color. En general la adición de solutos provocó un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de la luminosidad. La muestra GA+MW+L presentó los valores de  $L^*$  más altos. Otros autores también observaron un aumento en la luminosidad de productos de fruta sometidos a tratamientos con microondas (Vadivambal y Jayas, 2007). El tratamiento de liofilización supuso el aumento de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ , lo cual se vio reflejado en el tono, que se desplazó hacia zonas menos verdes y más amarillas del plano cromático. Ello puede estar relacionado con la pérdida de pigmentos (clorofilas y xantofilas) que tiene lugar durante dicho tratamiento (Ancos et al., 1999; Maskan, 2001). La sustitución de parte de la GA por CMC implicó un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de la coordenada  $a^*$  y una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de  $h_{ab}^*$ . Respecto a la diferencia de color entre las muestras estudiadas (GA+MW+L, GA+L y GA-CMC+L) y el puré de kiwi fresco no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) ( $\Delta E^* \approx 10$ ). Por otro lado, el pretratamiento con microondas provocó unas diferencias de color entre la muestra GA+MW+L y GA+L de 1,27, y la adición de CMC ( $\Delta E^*$  entre las muestras GA+L y GA-CMC+L) de 0,627. La muestra de puré de kiwi fresco fue la muestra significativamente más ácida ( $p < 0,05$ ). La adición de solutos aumentó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) la consistencia de las muestras respecto al puré de kiwi fresco, medida como distancia de avance con el consistómetro Bostwick. La muestra que mayor consistencia presentó fue la GA+L. En cuanto a los parámetros reológicos, se observó que todas las muestras presentaron carácter pseudopástico ya que los valores de  $n$  fueron menores a la unidad (Mechetti et al., 2011). Por otro lado, un aumento de los valores de  $K$  implica una mayor viscosidad, así las muestras de puré de kiwi fresco y GA+MW+L fueron las más viscosas. En general, como consecuencia de la adición de GA y del procesado,  $K$  disminuyó y  $n$  aumentó. Otros autores han encontrado una relación entre la adición de GA con diversos cambios en el comportamiento reológico de determinados fluidos, de forma que, la presencia de este soluto disminuye la viscosidad y

aumenta el índice de comportamiento al flujo del producto (Ibano, 2002). Por otra parte, la presencia de CMC aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) la viscosidad del producto.

**TABLA 2. Valores medios (y desviación estándar) del contenido en sólidos solubles (°Brix), coordenadas de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $h_{ab}^*$ ), acidez (g ácido cítrico/100g), consistencia (mm/g), índice de consistencia (K, (Pa·s)) e índice de comportamiento al flujo (n).**

| MUESTRA  | °Brix                        | $L^*$                        | $a^*$                        | $b^*$                        | $h_{ab}^*$                 | ACIDEZ                          | CONSISTENCIA                | K                            | n                             |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| FRESCO   | 13,76 <sup>b</sup><br>(0,11) | 43,7 <sup>d</sup><br>(0,3)   | -2,59 <sup>d</sup><br>(0,16) | 16,8 <sup>c</sup><br>(0,4)   | 99,3 <sup>a</sup><br>(0,5) | 1,4912 <sup>a</sup><br>(0,0001) | 0,61 <sup>d</sup><br>(0,05) | 11,3 <sup>a</sup><br>(0,4)   | 0,132 <sup>c</sup><br>(0,000) |
| GA+MW-L  | 21,16 <sup>a</sup><br>(0,05) | 49,38 <sup>a</sup><br>(0,08) | 5,50 <sup>c</sup><br>(0,06)  | 18,17 <sup>b</sup><br>(0,12) | 73,1 <sup>b</sup><br>(0,2) | 1,130 <sup>c</sup><br>(0,004)   | 0,85 <sup>c</sup><br>(0,06) | 10,16 <sup>a</sup><br>(0,68) | 0,269 <sup>a</sup><br>(0,005) |
| GA+L     | 21,03 <sup>a</sup><br>(0,06) | 48,58 <sup>b</sup><br>(0,07) | 5,90 <sup>b</sup><br>(0,10)  | 19,07 <sup>a</sup><br>(0,19) | 72,8 <sup>b</sup><br>(0,2) | 1,155 <sup>b</sup><br>(0,006)   | 1,17 <sup>a</sup><br>(0,08) | 6,39 <sup>c</sup><br>(0,09)  | 0,264 <sup>a</sup><br>(0,001) |
| GA-CMC+L | 21,26 <sup>a</sup><br>(0,06) | 48,1 <sup>c</sup><br>(0,3)   | 6,29 <sup>a</sup><br>(0,10)  | 19,16 <sup>a</sup><br>(0,16) | 71,8 <sup>c</sup><br>(0,4) | 1,122 <sup>c</sup><br>(0,006)   | 1,05 <sup>b</sup><br>(0,16) | 8,76 <sup>b</sup><br>(0,30)  | 0,248 <sup>b</sup><br>(0,005) |

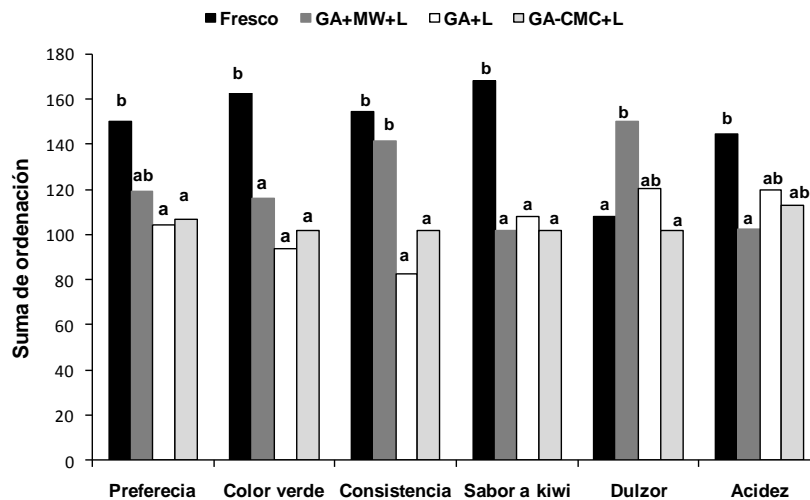
\*Por columna, los superíndices de las muestras se identificaron con letras distintas (a,b,c,d) cuando presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher (LSD).

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis sensorial, con las sumas de las ordenaciones de las muestras obtenidas para cada atributo se utilizó la ecuación 6 para establecer si existían diferencias significativas en la preferencia y en la percepción de los atributos de las distintas muestras de puré de kiwi. Si el valor de F de Friedman obtenido para cada atributo es mayor al valor de F de Friedman teórica (la cual depende del grado de significación escogido y de los grados de libertad del análisis) se puede concluir que existen diferencias significativas entre las muestras (Meilgaard et al., 1999).

En este caso, el análisis de los resultados obtenidos en la prueba de ordenación mostraron la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras para todos los atributos evaluados, ya que en todos los casos, el valor F de Friedman obtenido fue mayor que el valor de F de Friedman teórico (7,81;  $\alpha = 0,05$ ). Para determinar qué muestras presentaron diferencias significativas se procedió al cálculo de los valores LSD mediante el test de Fisher (ecuación 7). En la figura 2 se muestran para cada atributo el sumatorio de los valores de ordenación asignados por cada catador a cada una de las muestras, así como las diferencias significativas existentes entre ellas (grupos homogéneos). El puré de kiwi fresco fue la muestra preferida mostrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con la GA+L y GA-CMC+ L. Este resultado sugiere que tanto la adición de solutos como la aplicación de microondas como pretratamiento tuvieron un efecto en la

preferencia mostrada por los catadores. Las muestras percibidas como más consistentes significativamente ( $p < 0.05$ ) fueron el puré de kiwi fresco y la muestra pretratada. Por otro lado, la sustitución de parte de la GA por CMC no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) a la percepción de la consistencia. Los catadores percibieron una mayor intensidad de color verde en la muestra fresca, tal como era de esperar y tal como se observó en las medidas instrumentales. La adición de solutos y el procesado alejaron en cierta medida a las muestras del color del producto fresco. Es interesante destacar que entre las muestras procesadas los catadores no percibieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a este atributo. Esto puede explicarse según (Bodart et al. 2008), que concluye que el ojo humano es capaz de percibir diferencias de color cuando  $\Delta E^* > 3$ . La misma tendencia fue observada en la percepción del sabor a kiwi. En este caso, la percepción del sabor a kiwi en la muestra obtenida mediante tratamientos combinados de secado fue similar al de la muestra liofilizada. En cuanto al dulzor la muestra pretratada con MW fue percibida como la más dulce y, tanto las muestras de kiwi fresco como la muestra con CMC se percibieron significativamente ( $p < 0.05$ ) menos dulces. Los catadores percibieron el puré de kiwi fresco significativamente ( $p < 0.05$ ) más ácido que el resto de muestras, siendo la muestra pretratada la menos ácida. La relación entre la percepción del dulzor y de la acidez parece lógica ya que la muestra más dulce se percibió como la menos ácida y viceversa. Es interesante destacar que los catadores relacionaron la intensidad de sabor a kiwi con la acidez percibida ya que la muestra que más veces fue situada en la posición número 4 (mayor percepción) fue la misma para ambos atributos.

**FIGURA 2.** Sumatorio de valores de ordenación asignados por cada catador a cada una de las muestras para cada atributo.



\*Las letras (a,b) diferentes en una misma categoría indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher (LSD).

## RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS INSTRUMENTALES Y SENSORIALES

Para explicar la relación entre los parámetros instrumentales evaluados y las propiedades sensoriales de las muestras, se realizaron análisis estadísticos de correlación. El coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide el grado de variación entre distintas variables relacionadas linealmente. El rango de estos coeficientes de correlación es de -1 a +1 y miden la fuerza de relación lineal entre las variables. En la tabla 3 se muestran los coeficientes de correlación de Pearson entre cada par de variables. Como puede observarse la preferencia de los catadores estuvo correlacionada significativamente ( $p < 0,05$ ) con la percepción del color verde, así como con la coordenada  $a^*$  (color verde) y el tono. Dicha correlación fue positiva en el caso de la evaluación sensorial del color verde y negativa para el valor de  $a^*$  (menores valores de  $a^*$  están asociados al color verde). Por otro lado, la preferencia también estuvo relacionada con la consistencia medida de manera instrumental, dicha correlación fue negativa por lo que se prefirieron las muestras menos consistentes. La percepción del color verde y del sabor a kiwi están relacionadas positivamente con la acidez analizada, el tono, y negativamente con los  $^{\circ}\text{Brix}$  y  $a^*$ . Por tanto, los catadores asocian la intensidad del color verde y el sabor a kiwi con una mayor acidez y con un menor contenido en azúcares de las muestras, siendo éstas las características que definen la preferencia de este producto, lo cual indica que la mayor preferencia de los catadores parece ir dirigida a un producto más parecido a la fruta fresca. La consistencia sensorial se correlacionó con la consistencia instrumental y con  $k$  de manera positiva y significativa ( $p < 0,05$ ), lo cual indica que los catadores asimilaron este concepto adecuadamente.



Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson para la preferencia, atributos sensoriales y parámetros instrumentales

|                           | PREFERENCIA | COLOR VERDE | CONSISTENCIA | SABOR KIWI | DULZOR | ACIDEZ | °Brix    | ACIDEZ INSTRUMENTAL | a*       | hab*     | k      | n       | CONSISTENCIA INSTRUMENTAL |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------|--------|----------|---------------------|----------|----------|--------|---------|---------------------------|
| PREFERENCIA               | 1           | 0,988**     | 0,879        | 0,925      | -0,128 | 0,746  | -0,949   | 0,942               | -0,966*  | 0,958*   | -0,846 | -,919   | -0,967*                   |
| COLOR VERDE               | 0,998**     | 1           | 0,863        | 0,935      | -0,187 | 0,768  | -0,959*  | 0,951*              | -0,972*  | 0,966*   | 0,844  | -0,938  | -0,960*                   |
| CONSISTENCIA              | 0,879       | 0,863       | 1            | 0,632      | 0,232  | 0,340  | -0,685   | 0,667               | -0,726   | 0,705    | 0,969* | -0,644  | -0,970*                   |
| SABORKIWI                 | 0,925       | 0,935       | 0,632        | 1          | -0,403 | 0,943  | -0,997** | 0,999**             | -0,992** | -0,995** | 0,606  | -0,983* | -0,799                    |
| DULZOR                    | -0,128      | -0,187      | 0,232        | -0,403     | 1      | -0,622 | 0,375    | -0,376              | 0,312    | -0,346   | 0,065  | 0,497   | -0,026                    |
| ACIDEZ                    | 0,746       | 0,768       | 0,340        | 0,943      | -0,622 | 1      | -0,918   | 0,926               | -0,983   | 0,906    | 0,335  | -0,927  | -0,557                    |
| °Bx                       | -0,949      | -0,959*     | -0,985       | -0,997**   | 0,375  | -0,918 | 1        | -0,999**            | 0,998**  | -0,999** | -0,664 | 0,987*  | 0,840                     |
| ACIDEZ INSTRUMENTAL       | 0,942       | 0,951*      | 0,667        | 0,999**    | -0,376 | 0,926  | -0,999** | 1                   | -0,996** | 0,999**  | 0,642  | -0,985* | -0,826                    |
| a*                        | -0,966*     | -0,972*     | -0,726       | -0,992**   | 0,312  | -0,892 | 0,998**  | -0,996**            | 1        | -0,999** | -0,696 | 0,977*  | 0,869                     |
| hab*                      | 0,958*      | 0,966*      | 0,705        | 0,995*     | -0,346 | 0,906  | -0,999** | 0,999**             | -0,999** | 1        | 0,680  | -0,983* | -0,854                    |
| K                         | 0,846       | 0,844       | 0,969*       | 0,606      | 0,065  | 0,335  | -0,664   | 0,642               | -0,696   | 0,680    | 1      | -0,662  | -0,948                    |
| n                         | -0,919      | -0,938      | -0,644       | -0,983*    | 0,497  | -0,927 | 0,987*   | -0,985*             | 0,977*   | -0,983*  | -0,662 | 1       | 0,811                     |
| CONSISTENCIA INSTRUMENTAL | -0,967*     | -0,960*     | -0,970*      | -0,799     | -0,026 | -0,557 | 0,840    | 0,826               | 0,869    | -0,854   | -0,948 | 0,811   | 1                         |

## CONCLUSIONES

En general, el pretratamiento con microondas previo al secado por liofilización resulta un paso adecuado ya que ayudaría a reducir costes del proceso y no afecta a las características del kiwi en polvo rehidratado.

Por otro lado, la sustitución de parte de la goma arábiga por carboximetilcelulosa no parece afectar a las propiedades físicas, físicoquímicas y sensoriales del producto en polvo rehidratado.

A la hora de formular productos rehidratados a base de kiwi en polvo es fundamental el control de la preservación del color verde, puesto que esta característica física está directamente relacionada con la preferencia de los catadores. Además, los estudios de correlación de Pearson indicaron que los catadores parecen asociar la intensidad del color verde y el sabor a kiwi con una mayor acidez y con un menor contenido en azúcares de las muestras, siendo éstas las características que, junto con una menor consistencia, definen la preferencia de este producto.

## REFERENCIAS

1. AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official Method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, p.10.
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. Andrew J. Rosenthal. Food texture. Measurement and perception. Aspen Publications. Maryland, USA 1999. pp. 30-38
4. Anilkumar, G. Gaonkar. Ingredients Interactions: Effects on food quality. Ed. Marcel Dekker, Inc. Ney York, USA 1995. Pp. 149-150
5. Antunes, M.D.C., Dandlen, S., Cavaco, A.M., Miguel, G. 2010. Effects of Postharvest Application of 1-MCP and Postcutting Dip Treatment on the Quality and Nutritional Properties of Fresh-Cut Kiwifruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 6173–6181.
6. Anzaldúa-Morales, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed. Acribia. Zaragoza, España 1994
7. Beutel et al., 1976. A new crop for California kiwi. *California Agriculture*, 30 (10) (1976), pp. 5–8
8. Benlloch-Tinoco, M., Varela, P., Salvador, A., & Martínez-Navarrete, N. (2012). Effects of microwave heating on sensory characteristics of kiwifruit puree. *Food and BioprocessTechnology*, 5(8), 3021-3031.
9. 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.

10. Carlos Godoy, Claudia Domé, Cristina Monti. Determinación de índices de cosecha y calidad en kiwi en el sudeste bonaerense. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina 2010
11. Cassano, A., Figoli, A., Tagarelli, A., Sindona, G., Drioli, E. 2006. Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. *Desalination*, 189: 21–30.
12. Catania, Carlos; Silvia Avagnina. La interpretación sensorial del vino. Ed.: Caviar Bleu Editora Andina Sur. Argentina 2007. pps. 2-5
13. Chassin, M. 2000. Le jury expert: Une réponse aux interrogation des professionnels du vin relatives á l'analyse gustative. *Reveu Francaise d'Enologie*. No. 182:20-24.
14. Chiralt, A.; Martínez-Navarrete, N.; González, C.; Talens, P.; Moraga, G. 2007. Propiedades físicas de los alimentos. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, España.
15. De Ancos et al., 1999 B. De Ancos, M.P. Cano, A. Hernández, M. Monreal Effects of microwave heating on pigment composition and color of fruit purees. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (1999), pp. 663–670
16. Diane M. Barrett,\* Elisabeth Garcia, and Jo Ellen Wayne\*\*.Textural Modification of Processing Tomatoes. Department of Food Science & Technology, University of California, Davis, California 1998
17. 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
18. Espiñeira, Rodrigo Infante. Estudio de factores fisiológicos del kiwi (actinidia deliciosa) variedad Hayward, y sus efectos en la textura durante el almacenamiento. Depto. de Producción Agrícola. Universidad de Chile 2012
19. Fang, L., Jiang, B., Zhang, T. 2008. Effect of combined high pressure and thermal treatment in kiwifruit peroxidase. *Food Chemistry*, 109: 802-807.
20. Fennema, Owen. Química de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España 1993 pp. 1020-1023
21. Fisk, C. L.; McDaniel, M. R.; Strick, B. C.; Zhao. Y. 2006. Physicochemical, Sensory, and Nutritive Qualities of Hardy Kiwifruit (*Actinidiaarguta Ananasnaya'*) as Affected by Harvest Maturity and Storage. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*. 71(3): 204-210.
22. 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.
23. Gabas, A.L., Telis, V.R.N., Sobral, P.J.A., Telis-Romero, J. 2007. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, 82: 246–252.
24. Gil Angel. Tratado de nutrición. Tomo II Composición y nutrición de los alimentos. 2da ed. Ed. Médica Panamericana, 2010. 189-193
25. Hans Diete rBelitz y Werner Grosh. Química de los alimentos. 2da edición. Ed Acribia. Zaragoza, España 1997. Pp. 328-330
26. Hollander, M. y Wolfe, D.A. 1999. Nonparametric Statistical Methods, 2nd Edition. Ed.Wiley.
27. Huang et al., 2007 Y. Huang, J. Sheng, F. Yang, Q. Hu. Effect of enzyme inactivation by microwave and oven heating on preservation quality of green tea. *Journal of Food Engineering*, 78 (2007), pp. 687–692

28. Ibane, E. 2002. Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum arabic. *Journal of Food Engineering* 52:273-277
29. Igual et al., 2010 M. Igual, E. García-Martínez, M.M. Camacho, N. Martínez-Navarrete. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice *Food Chemistry*, 118 (2010), pp. 291–299
30. Igual, M.; Contreras, C.; Martínez-Navarrete, N. 2010 Non-conventional techniques to obtain grapefruit jam. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*. 11: 335-341.
31. 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.
32. Jittra, S., Ningsanond, S. and Steve W.C. 2009. Extraction and physicochemical characterization of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. *Food Chemistry*, 114, 1301–1307
33. John Hawthorn. *Fundamentos de la ciencia de los alimentos*. Ed Acribia. Zaragoza, España 1983. pp. 187-191
34. Juana Teresa Cervera Valero, M. Benlloch-Tinoco<sup>1</sup>, E. García-Martínez<sup>1</sup>, N. Martínez-Navarrete Optimización de un proceso de secado combinado para obtener kiwi en polvo de alta calidad. Universidad Politécnica de Valencia. España 2013
35. Krokida et al., 1998 M.K. Krokida, V.T. Karathanos, Z.B. Maroulis. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 35 (1998), pp. 369–380
36. Larmond, E. (1973). Physical requirements for sensory judges. *Food Technologies*. 27 (11), 22.
37. L.H. Mosquera a,b, G. Moraga a, N. Martínez-Navarrete. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and Arabic gum. Universidad Politécnica de Valencia, 201
38. Martínez-Navarrete, N.; Andrés, A.; Chiralt, A.; Fito-Maupoy, P. 2000. Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno. Universidad Politécnica de Valencia.
39. Maskan, M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, pp. 177-182.
40. Mechetti, M.; Gómez-López, A.; Balella, A. 2011. Propiedades Reológicas de Helados de Caña de Azúcar.
41. Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
42. Menlik, T., Özdemir, M.B., Kirmaci, V. 2010. Determination of freeze-drying behaviors of apples by artificial neural network. *Expert Systems with Applications*, 37: 7669–7677.
43. Mosquera, L.; Moraga, G; Martínez-Navarrete, N. 2009. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojo powder. *Journal of Food Engineering*. 97. 72-78.
44. O'Donnell et al., 2010 C.P. O'Donnell, B.K. Tiwari, P. Bourke, P.J. Cullen. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, 21 (2010), pp. 358–367
45. 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.
46. P Talens, I Escriche, N Martínez-Navarrete, A Chiralt. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. Food Technology Department, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera S/N, PB 22012, CP 46022, Valencia, Spain

47. Pedro Fito Amparo Chiralt, José M Barat, Ana Andrés, Javier Martínez-Monzó, Nuria Martínez-Navarrete. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. Food Technology Department, Universidad Politécnica de Valencia, P.O. Box 22012, 46071 Valencia, Spain
48. Rémésy, Christian. 2004. Alimentación y salud. Siglo xxi editores, s. a. 107 pp.
49. Robbers, Singh, & Cunha, 1997. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. *Journal of Food Science*, 62 (5) (1997), pp. 1039–1047
50. Saint Pierre, B. 2000. El degustador. El jurado del análisis sensorial. Herramientas del análisis sensorial. Análisis sensorial de los vinos. Enología. Fundamentos científicos y enológicos. Mundi prensa. AMV ediciones.
51. 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.
52. Tárrega A. y Costell, E. 2007. Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Engineering* 78: 655–661.
53. Tewari, 2007G. Tewari High-pressure processing of foodsG. Tewari, K. Juneja (Eds.), *Advances in thermal and non-thermal food preservation*, Blackwell publishing (2007), pp. 203–239
54. UNE-ISO 8587:2010 Análisis sensorial. Metodología. Ordenación. 2010-05-12
55. United States Department of Agriculture (USDA). 1959 FOOD. The yearbook of agriculture. Editorial: USDA, Washington, 1959
56. United States Department of Agriculture (USDA). 1971. Methods of analysis for tomato products. Editorial: USDA, Washington, 1971
57. Vadivambal, R.; Jayas, D. S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems Engineering*. **98**: 1-16.
58. Varnam, Alan. Sutherland, Jane. *Bebidas: Tecnología, química y microbiología*. Ed. Acribia. Zaragoza, España 1994, pp. 233-235
59. Vadivambal and Jayas, 2007 R. Vadivambal, D.S. Jayas. Changes in quality of microwave treated agricultural products. *Biosystems Engineering*, 98 (2007), pp. 1–16
60. Wang et al., 2007 J. Wang, Y.Z. Li, R.R. Chen, J.Y. Bao, G.M. Yang Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying, freeze-drying and air-drying *Food Chemistry*, 104 (4) (2007), pp. 1516–1521
61. Wong, Dominic W.S. *Química de los alimentos. Mecanismos y teoría*. Ed. Acribia, Zaragoza, España 1995. pp 156-159
62. Zeki Berk, Technion, Israel Institute of Technology, *Food Process Engineering and Technology*. Israel 2008, Chapter 23
63. Yishi Wu-Ng, María Benlloch-Tinoco, Eva García-Martínez, Nuria Martínez-Navarrete. impacto de la adición de carboximetilcelulosa en la calidad de kiwi en polvo obtenido por liofilización y atomización. Universidad Politécnica de Valencia, España 2013
64. Zolfaghari, M., Sahari, A., Barzegar, M., Samadloiy, H. 2010. Physicochemical and Enzymatic Properties of Five Kiwifruit Cultivars during Cold Storage. *Food Bioprocess Technology*, 3: 239-246.