

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



**EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE
FRITURA A VACÍO EN EL
PROCESADO DE CHIPS DE KIWI
(*Actidinia chinensis*)**



MÁSTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Nombre alumna: Sandra Gómez Pinedo

Directores: Javier Martínez Monzó

Purificación García Segovia

Centro: Departamento de Tecnología de Alimentos. Grupo CUINA

EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE FRITURA A VACÍO EN EL PROCESADO DE CHIPS DE KIWI (*Actinidia chinensis*)

Gómez Pinedo, S.¹; Martínez Monzó, J.²; García Segovia, P.².

RESUMEN

El consumo de productos fritos como aperitivos aumenta a medida que se incrementa la oferta comercial. Al igual que aumenta el consumo, crece la preocupación por la calidad nutricional de los chips, lo que motiva la investigación y desarrollo de nuevos productos de aperitivo que aporten menos calorías y grasas a la dieta, al igual que buen sabor y facilidad de consumo. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de chips de kiwi en procesos de fritura atmosférica y a vacío, determinando la influencia de estos tratamientos sobre las propiedades mecánicas, ópticas y la absorción de aceite. Para ello se realizaron frituras a vacío a 120, 130 y 140 °C, y se compararon con las realizadas a presión atmosférica (165°C). A las muestras se les determinó color, textura, pérdida de peso, humedad y contenido graso. Adicionalmente, se determinó la influencia de la aplicación de deshidratación osmótica como pretratamiento en los procesos de fritura. El propósito de utilizar una deshidratación osmótica como pretratamiento en los procesos de fritura para elaborar chips de kiwi con menor contenido de humedad y mejor conservación del color se cumple. El color se ve significativamente afectado por los tratamientos y la deshidratación osmótica, obteniéndose menores ΔE respecto a las rodajas de kiwi frescas con deshidratación osmótica y fritura a vacío. La fritura a vacío de chips de kiwi con deshidratación osmótica previa, resultó ser un tratamiento alternativo a la fritura a presión atmosférica ya que mejora el color de las muestras, reduce el contenido de humedad de las mismas y mantiene su carácter crujiente, siendo el tratamiento a 130 °C a vacío y con deshidratación osmótica el que mejores resultados aportó.

Palabras clave: Kiwi, Fritura a vacío, Fritura Atmosférica, Deshidratación osmótica.

RESUM

El consum de productes fregits augmenta a mesura que s'incrementa l'oferta comercial. A l'igual que augmenta el consum, creix la preocupació per la qualitat nutricional dels xips la qual cosa motiva la investigació i desenvolupament de nous productes d'aperitiu que aporten menys calories i greixos a la dieta, al igual que un bon sabor i facilitat de consum. El objectiu

¹ Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo

² Grupo de Investigación CUINA. Departamento de Tecnología de Alimentos
Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España

d'aquest treball va ser estudiar el comportament de xips de kiwi en processos de fritura atmosfèrica i a buit, determinant la influència d'aquests tractaments sobre les propietats mecàniques, òptiques i l'absorció d'oli. Es van realitzar fritures a buit a 120, 130 i 140 °C, i es van comparar amb les realitzades a pressió atmosfèrica (165°C). A les mostres se les va mesurar color, textura, pèrdua de pes, humitat i contingut de greix. Adicionalment, es va determinar la influència de l'aplicació de deshidratació osmòtica com pre-tractament als processos de fritura. El propòsit d'utilitzar una deshidratació osmòtica com a pre-tractament en els processos de fregit per elaborar xips de kiwi amb menor contingut d'humitat i millor conservació del color es compleix. El color es veu significativament afectat pels tractaments i la deshidratació osmòtica, obtenint menors ΔE respecte a les rodanxes de kiwi fresques amb deshidratació osmòtica i fregit a buit. El fregit a buit de xips de kiwi amb deshidratació osmòtica prèvia, va resultar ser un tractament alternatiu al fregit a pressió atmosfèrica ja que millora el color de les mostres, redueix el contingut d'humitat d'aquestes i manté el seu caràcter cruixent, i el tractament a 130 °C a buit i amb deshidratació osmòtica el que millors resultats va aportar.

Paraules clau: Kiwi, Fritura a buit, Fritura Atmosfèrica, Deshidratació osmòtica.

ABSTRACT

The fried product consumption as appetizer increases as the commercial supply is increased. The preoccupation by the nutritional quality of the chips grows due to the consumption increase, which motivates the research and development of new appetizer products that contribute to less calories and fats intake in the diet with good flavor and facility of consumption. The objective of this work was to study the behavior of chips of kiwi processed under atmospheric and vacuum frying conditions to determine the influence of these treatments on the mechanical, optical properties and the oil absorption. For it, vacuum frying trials to 120, 130 and 140 °C were realized, and they were compared with the realized ones under atmospheric pressure (165°C). Samples were characterized in color, texture, loss of weight, moisture and fat content. Additionally, the influence of the application of osmotic dehydration as pretreatment in the frying processes was evaluated. The purpose of using an osmotic dehydration as a pre-treatment process to produce chips fried kiwi with lower moisture content and better color retention is met. The color is significantly affected by treatment and osmotic dehydration, obtaining lower ΔE in respect of fresh kiwi slices with osmotic dehydration and vacuum frying. Vacuum frying of kiwi chips with a previous treatment of osmotic dehydration was found to be an alternative to atmospheric frying, for improve the color of the sample, reduce the moisture

content thereof and maintain its crispness, being the treatment 130 °C under vacuum and osmotic dehydration which gave the best results.

Key words: Kiwifruit, Vacuum frying, Deep/Atmospheric frying, Osmotic dehydration.

1. INTRODUCCIÓN

Durante décadas, los consumidores han deseado productos fritos y grasientos debido a su combinación única entre sabor y textura. Sin embargo, se ha incrementado la concienciación de la relación entre la alimentación, la nutrición y la salud. Haciendo hincapié en la necesidad de limitar el consumo de este tipo de productos debido al alto aporte calórico en forma de grasas no saludables (grasas saturadas y grasas trans). Por este motivo, los productos fritos que se producen actualmente usan aceites no hidrogenados y, además, no contienen grasas saturadas ni grasas trans. Algunos de estos productos (chips de batata, chips de manzana, chips de patata azul) se fríen al vacío siendo menor el rendimiento de absorción de aceite (menos sabor a grasa) con una mayor retención del color y de sus sabores naturales (Da Silva y Moreira, 2008).

Además, actualmente existe una gran variedad de frutas tropicales que son ingredientes comunes en las dietas de Europa y América del Norte. El alto valor nutricional de los frutos subtropicales y tropicales ha llevado a un aumento significativo en su consumo (Shela Gorinstein y otros, 2009).

Por otro lado, hay un creciente interés en el desarrollo de frituras de frutas como la manzana (Shyu y Hwang 2001), la zanahoria (Liu-Ping y otros, 2006) y el mango (Da Silva y Moreira, 2008). Otra fruta muy popular para la producción de aperitivos es el kiwi (*Actidinia chinensis*), una fruta con enorme riqueza en vitamina C (diez veces más que el limón y 30 veces más que la manzana). Además, su contenido en fibra es bastante elevado, sólo se ve superado por la fresa, el limón, la manzana, la pera y la uva (Mónica Rafols, 1988).

El kiwi ayuda a regular el colesterol, retrasa el envejecimiento de la piel y lo que es aún más importante, el kiwi produce efectos anticancerígenos, aumenta las defensas en el organismo y mejora el sistema inmunológico (EROSKI, 2009).

Por otro lado, el kiwi es rico en luteína, al igual que el huevo y otras frutas y verduras (espinacas, brócoli, acelgas). La luteína es un pigmento de origen natural (carotenoide) que actúa como un filtro de las radiaciones solares. Defiende a la vista frente a algunos de los efectos dañinos del sol, y actúa como un antioxidante, que protege la vista del daño producido por el efecto de los radicales libres implicados en el envejecimiento y desarrollo de enfermedades degenerativas (Puleva Salud, 2010).

A todo esto, se le suma la demanda de alimentos más sanos y de alta calidad por parte del consumidor, convirtiéndose en un tema importante en nuestra sociedad y en uno de los principales campos de investigación en ingeniería de alimentos, en cuanto al desarrollo de métodos alternativos de cocción suave se refiere (Troncoso y Pedreschi, 2009).

La fritura a vacío es una tecnología prometedora que puede ser una opción para la producción de snacks de frutas y verduras que presentan los parámetros de calidad esperados y responden a las tendencias de salud. Este proceso de fritura se realiza en un sistema cerrado con presiones muy por debajo de los niveles atmosféricos, lo que permite reducir sustancialmente el punto de ebullición del agua y por lo tanto la temperatura de fritura (Garayo y Moreira, 2002). De hecho, la mayor parte de los beneficios de esta tecnología son el resultado de la baja temperatura empleada y una exposición mínima al oxígeno. Dichos beneficios incluyen: (i) la reducción de los efectos adversos sobre la calidad del aceite, (ii) la conservación del color y sabor naturales, (iii) la disminución del contenido de acrilamida, y (iv) la preservación de los compuestos nutricionales (V. Dueik y otros, 2009).

A menudo, la deshidratación osmótica (DO) se utiliza en combinación con la fritura a vacío para producir snacks de fruta de alta calidad (P. Talens y otros, 2002; Y. Nunes y R. G. Moreira, 2009).

La deshidratación osmótica es un proceso de eliminación del agua, que consiste en la inmersión del alimento a deshidratar (frutas y verduras generalmente) en una solución hipertónica. La pérdida de agua depende de las características del producto alimenticio: forma, tamaño, estructura, composición y tratamiento previo (pelado, escaldado, tratamiento de la superficie); de la solución: tipos de solutos, concentración de los mismos; y de las condiciones de proceso: temperatura, grado de agitación de la solución, presión de trabajo y relación masa de solución a masa de producto. En la deshidratación osmótica se producen dos grandes corrientes simultáneas y contrarias: la primera es el flujo de agua del alimento a la solución y la segunda la transferencia de solutos de la solución al alimento (Madamba, 2003; Rault-Wack et al., 1992). También hay un tercer flujo de solutos naturales tales como azúcares, ácidos orgánicos, minerales, sales, etc., escapándose del alimento a la solución (Lazarides et al., 1997; Waliszewski et al., 2002). Éste método de deshidratación ha sido utilizado para reducir el contenido inicial de humedad, conservar y mantener la calidad inicial de las frutas y hortalizas (Heng et al., 1990; Torreggiani y Bertolo, 2001).

El uso de tecnologías adecuadas, tales como baja temperatura o la deshidratación osmótica (DO) prolonga la vida útil de las frutas, así como el contenido reducido de agua disminuye las reacciones de descomposición, por lo que es posible obtener productos mínimamente procesados que mantienen muchas de las características de la fruta fresca y, por lo tanto, útil a la industria alimentaria, en particular para los productos de confitería y productos lácteos. Los kiwis son considerados como uno de los frutos más adecuados en el mercado en este formato, debido a su apariencia atractiva y su mínimo procesamiento (Isabel Escriche y otros, 2001).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento del kiwi en los procesos de fritura atmosférica y a vacío, determinando su influencia sobre las propiedades ópticas y mecánicas, y la absorción de aceite. Además, se determinó la influencia de la aplicación de una deshidratación osmótica como pretratamiento en los procesos de fritura.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

2.1.1. Preparación de la fruta

Los chips se elaboraron con kiwis frescos de la variedad *Hayward* provenientes de Nueva Zelanda, comprados a granel en supermercados de la ciudad de Valencia. Se almacenaron en condiciones refrigeradas (8 °C) hasta el momento de su uso (siempre en el mismo día). Se seleccionaron frutos de madurez similar y calidad visual uniforme.

Se pelaron los kiwis y se cortaron en láminas de aproximadamente 2 mm de espesor con una laminadora (Siemens MS70001, Siemens - España). Las muestras se separaron en dos grupos dependiendo del pretratamiento a aplicar (con deshidratación osmótica o sin deshidratación osmótica).

Se identificaron las muestras para la caracterización, marcando tres rodajas para la cinética de humedad, 10 para medición de textura, 10 para medición de color y aproximadamente 40 gramos para determinación del contenido de grasa. Se realizaron dos tratamientos de fritura: fritura atmosférica (FA) a 165°C y presión atmosférica; y fritura a vacío (FV) entre 40 y 80 kPa de presión y 3 temperaturas (120, 130 y 140 °C).

2.1.2. Preparación del agente osmótico

Para la deshidratación osmótica de las rodajas de kiwi, se utilizó una solución de sacarosa de 35 °Brix, comprobada con un refractómetro RFM 330 (Bellingham Stanley LTD Code 22-330, UK). Ésta fue preparada usando azúcar comercial (azúcar blanquilla de Azucarera Española S.A.) mezclada con agua destilada a temperatura ambiente (25 °C) hasta su completa disolución.

Una vez preparado el agente osmótico, se sumergieron las rodajas de kiwi en él y se dejaron durante un tiempo de 30 minutos a temperatura ambiente (25 °C).

2.1.3. Aceite

El aceite utilizado para la fritura, tanto fritura a vacío como fritura atmosférica, fue aceite de girasol marca Hacendado.

2.2. PROCESO DE FRITURA DE LOS CHIPS DE KIWI

La fritura atmosférica (FA) se llevó a cabo en una freidora convencional (Movilfrit F5, Movilfrit S.A., Barcelona), la cual tenía acoplada un controlador de temperatura. Se usó aceite de girasol, realizándose una fritura en profundidad a 165°C durante 1 a 10 minutos por cada muestra. En primer lugar se frieron los chips marcados para cinética de humedad, y después las muestras para el resto de las caracterizaciones separadas por lotes.

Una vez pasado el tiempo correspondiente de fritura, se sacaron los chips de la freidora y se les eliminó el exceso de aceite con papel secante, dejándose al aire durante aproximadamente dos minutos para que éstos se atemperaran y se secaran.

La fritura a vacío (FV) se realizó en el Gastrovac® (International Cooking Concepts, Barcelona. Figura 1), equipo con patente 1057342U (Martínez *et al.*, 2004) desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia.

El equipo tiene una capacidad de 10,5 litros, elaborado en acero inoxidable y con tapa de metacrilato, con control exacto de la temperatura por medio de una sonda que conecta la base de la olla a un microprocesador. Además, cuenta con un sistema de elevación del cestillo donde se realiza la fritura, un temporizador, un nivel de vacío del 90%, un manómetro para el control de la presión y un mando para la rotura del vacío (ICC, Barcelona).

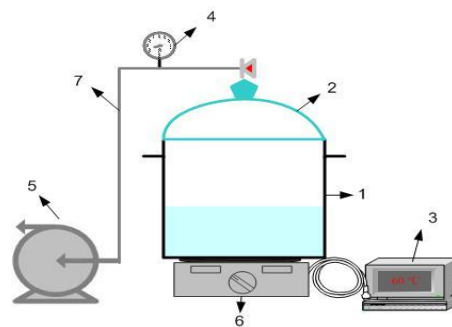


Figura 1. Esquema del equipo de fritura a vacío (Gastrovac®). 1) Olla, 2) Tapa de metacrilato, 3) Monitor de temperatura y tiempo, 4) Manómetro, 5) Bomba de vacío, 6) Placa calefactora, 7) Manguito de extracción del vapor.

La fritura a vacío se realizó a 120, 130 y 140 °C durante 1 a 10 minutos. El aceite de girasol se calentó a la temperatura de fritura determinada, se colocaron las rodajas de kiwi en el cestillo y se cerró la tapa. Después, se activó la bomba de vacío y cuando el equipo llegó al límite superior de presión de trabajo (80 kPa), se bajó el cestillo sumergiéndose en el aceite caliente. Una vez transcurrido el tiempo de fritura se levantó el cestillo, se centrifugaron las muestras durante aproximadamente un minuto para eliminar el exceso de aceite y luego se apagó la bomba rompiéndose el vacío. Una vez extraídas las muestras se secaron con papel para reducir la absorción de la grasa.

2.3. MÉTODOS EXPERIMENTALES

2.3.1. Determinación del contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad de la materia prima fresca y de los chips fritos de cada uno de los tratamientos. El kiwi fresco se trituró en un procesador de vegetales (Clatronic, Alemania) y se pesaron 3 muestras de aproximadamente 5 gramos (M_i). La determinación del contenido de agua se realizó en una estufa Vacioterm modelo P-selecta (Selecta S.A., Barcelona, España) a 65 °C hasta llegar a peso constante (método 950.46, AOAC,

2000). La cantidad de agua de la materia prima fresca se determinó según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \left[\frac{M_i - M_f}{M_i} \right] \times 100 \quad (1)$$

Para la determinación del porcentaje de pérdida de peso en la fritura, se pesaron las rodajas de kiwi fresco (P_0) y las rodajas después de los tratamientos de fritura (FA y FV) (P_1). La cantidad de peso perdido en el proceso de fritura se determinó con esta ecuación:

$$\% \Delta M = \left[\frac{P_0 - P_1}{P_0} \right] \times 100 \quad (2)$$

La cinética de humedad de los chips fritos se realizó determinando la humedad en tres chips previamente marcados siguiendo el mismo método que para la determinación del contenido de humedad (método 950.46, AOAC, 2000). La cantidad de agua en las muestras se determinó utilizando las ecuaciones 3 y 4:

$$x_w = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (3)$$

$$X_w = \frac{x_w}{1 - x_w} \quad (4)$$

Donde x_w y X_w son la humedad en base húmeda (kg agua/kg producto) y seca (kg agua/kg ss) respectivamente. Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento de fritura.

2.3.2. Determinación del contenido de grasa

El contenido de grasa de las diferentes muestras fue determinado con el sistema semiautomático de extracción de grasa con solventes (éter de petróleo) Soxtec™ (System 2055 Tecator (FOSS, Hillerød, Denmark). La extracción se realizó en cuatro pasos: hervido, lavado, recuperación de disolvente y retirada de la muestra. Se seleccionó el programa n° 2, el cual trabaja a 135 °C y en 3 etapas de 45, 60 y 32 minutos respectivamente. Se pesaron 3 muestras (M_3) de aproximadamente 5 gramos por cada tratamiento de fritura.

El cálculo de la cantidad de grasa se realizó pesando el cartucho metálico limpio y seco antes de la extracción (M_4) en una balanza analítica (Kern- EG 220; Kern and Sohn GmbH – Balingen, Alemania) y después de la extracción (M_5). Para ello se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{M_5 - M_4}{M_3} \times 100 \quad (5)$$

$$x_g = \frac{M_5 - M_4}{M_3} \quad (6)$$

$$X_g = \frac{x_g}{1 - x_g} \quad (7)$$

Donde x_g y X_g son la humedad en base húmeda (kg grasa/kg producto) y seca (kg grasa/kg ss) respectivamente.

2.3.3. Medición de la textura

Para la medición de la textura de los chips de kiwi fritos se utilizó un texturómetro TA.XT2 Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Haslemere, Reino Unido), con el programa de análisis de datos Texture Expert versión 4,0,13,0 (2009) y una sonda esférica P/2, de 2 mm de diámetro (Stable Micro System). Siendo los parámetros de la prueba: velocidad de prueba 1 mm/s, fuerza de activación 5 g y distancia de sonda 3 mm.

Para cada medición se determinó la fuerza máxima, realizándose dos mediciones por cada chip frito en la pulpa de éste.

2.3.4. Medición del color

En la medición de color se utilizó un Espectrofotómetro Konica Minolta (CM-3600-d, Minolta, Osaka- Japón) con el programa de análisis de datos Color Data Software SpectraMagic™ NX (Minolta). Las medidas se realizaron utilizando un diafragma SAV (0,4-0,7 mm) y teniendo en cuenta que las muestras son traslúcidas, se realizaron las mediciones con placa blanca y negra de fondo.

Se hicieron 10 mediciones por cada tratamiento de fritura con fondo blanco, 10 mediciones con fondo negro y, también, la medición del porcentaje de reflectancia de la placa blanca utilizada. Los resultados se expresaron en el sistema CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1986) referidos al iluminante D65 y un ángulo de visión de 10° .

La traslucidez de las muestras se determinaron mediante la aplicación de la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999) sobre la dispersión múltiple de los espectros de reflexión obtenidos. A medida que el flujo de luz pasa a través de la lámina, ésta se ve afectada por el coeficiente de absorción (K) y el coeficiente de dispersión (S) [Ec. 8]. En esta ecuación, R_∞ es la reflectancia de una lámina infinita de la muestra, determinada a través de las Ecs. (9) – (11).

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R_\infty)^2}{2R_\infty} \quad (8)$$

$$R_\infty = a - b \quad (9)$$

$$a = \frac{1}{2} \left(R + \frac{R_0 - R + R_g}{R_0 \cdot R_g} \right) \quad (10)$$

$$b = (a^2 - 1)^{1/2} \quad (11)$$

Donde: R_∞ = reflectancia de una lámina infinita de la muestra (grosor suficiente para que no afecte el fondo a la medida); R = reflectancia de la muestra determinada sobre un fondo blanco; R_g = reflectancia de un fondo

blanco; R_0 = reflectancia de la muestra determinada sobre un fondo negro ideal.

Se obtuvieron las nuevas coordenadas a partir de los valores de las coordenadas triestímulo X , Y , Z . Además, X_n , Y_n , Z_n corresponden a las coordenadas triestímulo de la fuente de luz estándar.

$$L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 16 \quad (12)$$

$$a^* = 500 \cdot \left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3}\right] \quad (13)$$

$$b^* = 200 \cdot \left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3}\right] \quad (14)$$

$$X = \sum[S_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} \cdot \bar{x}_{(\lambda)}] \quad (15)$$

$$Y = \sum[S_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} \cdot \bar{y}_{(\lambda)}] \quad (16)$$

$$Z = \sum[S_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} \cdot \bar{z}_{(\lambda)}] \quad (17)$$

$S_{(\lambda)}$ = distribución espectral relativa del iluminante a cada longitud de onda; $R_{(\lambda)}$ = reflectancia de una muestra de espesor infinito a cada longitud de onda; $x_{(\lambda)}$, $y_{(\lambda)}$, $z_{(\lambda)}$ = valores triestímulo espectrales del observador estándar 10° a cada longitud de onda.

Realizado el análisis de traslucidez con cada una de las muestras se calcularon las nuevas coordenadas de color en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1986), cuyos valores oscilan entre $L^* = 0$ (negro) y $L^* = 100$ (blanco), $-a^* =$ verde y $+a^* =$ rojo, $-b^* =$ azul y $+b^* =$ amarillo, y también los parámetros C^* (croma) y h_{ab}^* (tono).

2.3.5. Análisis estadístico

Con el tratamiento estadístico de los datos se evaluaron el efecto de la temperatura, la presión y la aplicación de la deshidratación osmótica en la pérdida de humedad, la humedad residual del los chips, la absorción de aceite, la textura y el color, mediante un análisis de la varianza (ANOVA). Se utilizó el procedimiento LSD (Least Significant Difference) para comprobar las diferencias a un nivel de significación $p < 0,05$. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., Rockville, MD, USA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fritura a vacío muestra una serie de ventajas como la preservación del color natural y el flavor del producto o el mantenimiento de la calidad del aceite durante más tiempo (Garayo y Moreira, 2002; Shyu et al., 2005; Liu-Ping et al., 2005a). No obstante muchas veces se requiere la realización de tratamientos previos de los productos que contribuyan a reducir la humedad de los mismos para reducir los tiempos de fritura y la cantidad de grasa

(Gamble et al. 1987; Krokida et al. 2001; Linska y Leszczynski 1991; Moyano et al. 2002).

Por ello en el presente trabajo se procedió a la aplicación de la deshidratación osmótica (DO) como pretratamiento en los procesos de fritura de las rodajas de kiwi.

3.1. Fritura a vacío de las rodajas de kiwi

La fritura a vacío es un proceso complejo que está influenciado por la temperatura del aceite, el tiempo de fritura, la presión, las propiedades de permeabilidad de la costra formada en la superficie del alimento y los mecanismos de transferencia de materia. Es por ello que las condiciones de procesado influirán en la pérdida de peso del producto, el secado del mismo y la ganancia de aceite tal y como se comenta a continuación.

3.1.1. Variación de peso

En la Figura 2 se muestra la variación de peso de las rodajas de kiwi en función del tiempo y de la temperatura de tratamiento de fritura a vacío empleado.

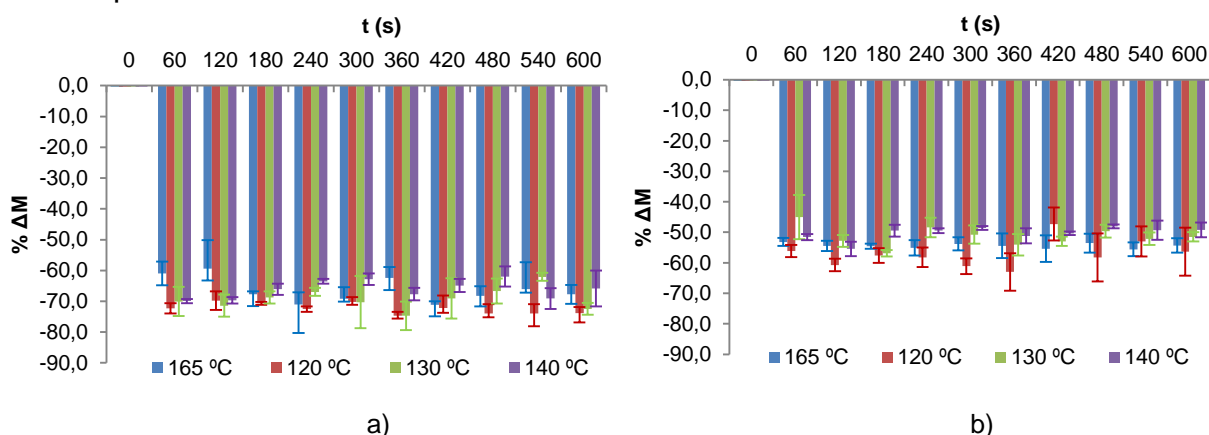


Figura 2. Variación de peso (%) de las rodajas de kiwi en función del tiempo y de la temperatura del tratamiento empleado. a) Tratamientos sin deshidratación osmótica, b) Tratamientos con deshidratación osmótica.

Se observa que el porcentaje de pérdida de peso, tanto en los tratamientos sin DO como en los tratamientos con DO, es más o menos constante a lo largo del tiempo y de la temperatura. Para los tratamientos sin DO los valores de pérdida de peso oscilaron entre un 62,8% y un 69,9% mientras que para los tratamientos con DO las pérdidas oscilaron entre un 44,9% y un 56,8% en ambos casos referidas al peso inicial de la muestra (kiwi fresco). Los tratamientos sin DO de la fritura a vacío a 120 °C y 130 °C y 360 segundos fueron los que mayor porcentaje de pérdida de peso presentaron. Y los de menor pérdida de peso fueron los tratamientos de fritura atmosférica (165 °C) a 60 y 120 segundos.

Para los tratamientos sin deshidratación osmótica no se encontraron evidencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos a fritura atmosférica (165 °C) y la fritura a vacío a 140 °C. Sin embargo, los

tratamientos a fritura a vacío de 120 °C y 130 °C, sí que mostraron diferencias significativas. Esto refleja que al elevar la temperatura la pérdida de peso es mayor, llegando a un punto de estabilidad.

En cuanto a los tratamientos con deshidratación osmótica, el tratamiento que mayor pérdida de peso presentó fue la fritura a vacío a 120 °C y 360 segundos. Siendo el tratamiento de menor pérdida de peso la fritura a vacío a 130 °C y 60 segundos.

Para los tratamientos con deshidratación osmótica se encontraron evidencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre cada uno de los tratamientos con sus diferentes variables tiempo y temperatura. Esto demuestra que la deshidratación osmótica influye en la pérdida de peso de las rodajas de kiwi, siendo ésta menor que sin pretratamiento.

Como se ha comentado anteriormente se observa que en los tratamientos con DO se produce una menor pérdida de peso. Esto puede deberse a que durante la deshidratación osmótica el producto adquiere sólidos solubles (azúcares) y pierde agua. Esta ganancia de solutos y la posibilidad de que se forme un encostramiento superficial por parte de los azúcares, dificultarían la salida de agua y por tanto una mayor pérdida de peso.

3.1.2. Humedad

El contenido de humedad final en los chips está determinado por los parámetros de temperatura del aceite, tiempo y presión de fritura (Moreira, 2001). En la Figura 3 se presentan los resultados de la evolución de la humedad de las rodajas de kiwi en función de la temperatura y el tiempo de fritura a vacío empleado, a las diferentes condiciones de experimentación.

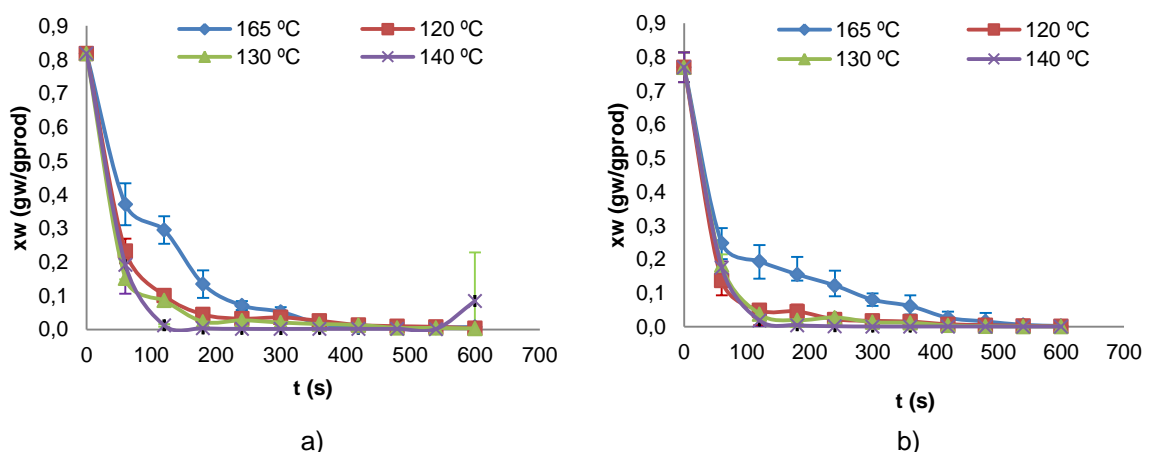


Figura 3. Evolución de la humedad (g agua /g producto) de las rodajas de kiwi en función de la temperatura y tiempo del tratamiento aplicado. a) Tratamientos sin deshidratación osmótica, b) Tratamientos con deshidratación osmótica.

En la figura 3, se puede observar que a una mayor temperatura de fritura, la velocidad de evaporación aumenta en cuanto a la fritura a vacío se refiere. Mas si nos fijamos en la fritura atmosférica (165 °C), la evaporación se

produce progresivamente pero tarda mayor tiempo en alcanzar los mismos valores del resto de tratamientos que con la fritura a vacío.

La humedad inicial de las muestras fue del 82 (0,3) % (0,8 (0,003) g agua/g producto). La humedad final a 600 segundos entre el tratamiento a 120 °C y a 130 °C sin deshidratación osmótica fue muy similar con valores de 0,03 (0,01) g agua/g producto. Estos resultados coinciden con los de otros autores, utilizando diferentes materias primas (Garayo y Moreira, 2002; Liu-Ping et al., 2005; Shyu et al., 2005). La humedad final a 600 segundos entre los tratamientos a fritura a vacío fueron también similares con valores de 0,001 (0,001) g agua/g producto.

Los principales parámetros que influyen en la pérdida de agua y la absorción de aceite son la temperatura y el tiempo de fritura (Dobarganes et al., 2000; Moreira, 2001). Otros parámetros a considerar son la forma del alimento y la relación entre el tamaño del producto y la superficie expuesta al medio circundante. Así, Baumann y Escher (1995) exponen que en la fritura a presión atmosférica al incrementar la temperatura la velocidad de deshidratación aumenta, reduciéndose el tiempo de fritura; en cambio, al aumentar el espesor del producto se incrementa el tiempo. Para Krokida et al. (2000a) el transporte de agua y aceite es más intenso cuanto mayor es la temperatura del aceite y menor el espesor de la muestra. Por ejemplo, si el alimento se procesa en láminas, aquellas más gruesas presentan una menor área específica, reduciéndose el área relativa disponible para perder el agua; también el camino interno que tiene que recorrer el agua es más largo y se requiere más calor para evaporar dicha agua, además la corteza que se forma impide que el agua salga con facilidad (Costa y Oliveira, 1999). En el caso de las muestras de kiwi al ser láminas muy finas la transmisión de calor es muy rápida y por tanto el tiempo de fritura reducido. En la fritura a vacío como se observa en las gráficas la pérdida de agua es mucho mayor que a presión atmosférica debido a que el agua evapora a una temperatura menor de 100 °C. En este caso y debido al escaso espesor de las muestras se produce una rápida pérdida de agua en las etapas iniciales de secado comparado con la presión atmosférica. También puede observarse que si comparamos las curvas de las muestras tratadas con deshidratación osmótica con las que no lo están, sobre todo las fritas a presión atmosférica, se puede observar que la velocidad de pérdida de agua es menor en las muestras con DO. Este fenómeno puede ser debido a la presencia de una mayor cantidad de azúcares en las muestras con DO que presentarían un mayor encostramiento superficial dificultando la salida de agua y, por tanto, disminuyendo la velocidad de deshidratación.

3.1.3. Contenido graso

El mecanismo de absorción de aceite es un aspecto importante de la fritura que ha sido ampliamente estudiado. Diversos estudios han demostrado que la mayor parte del aceite no penetra en el producto durante la fritura, sino al extraer el producto del aceite cuando se enfría (Garayo y Moreira, 2002; Liu-Ping et al., 2005), aunque hay que señalar que la pérdida de agua y la absorción de aceite están relacionadas (Shyu et al., 2005).

En la Figura 4, se presenta la evolución del contenido graso de las muestras para los diferentes tiempos y las diferentes temperaturas de fritura.

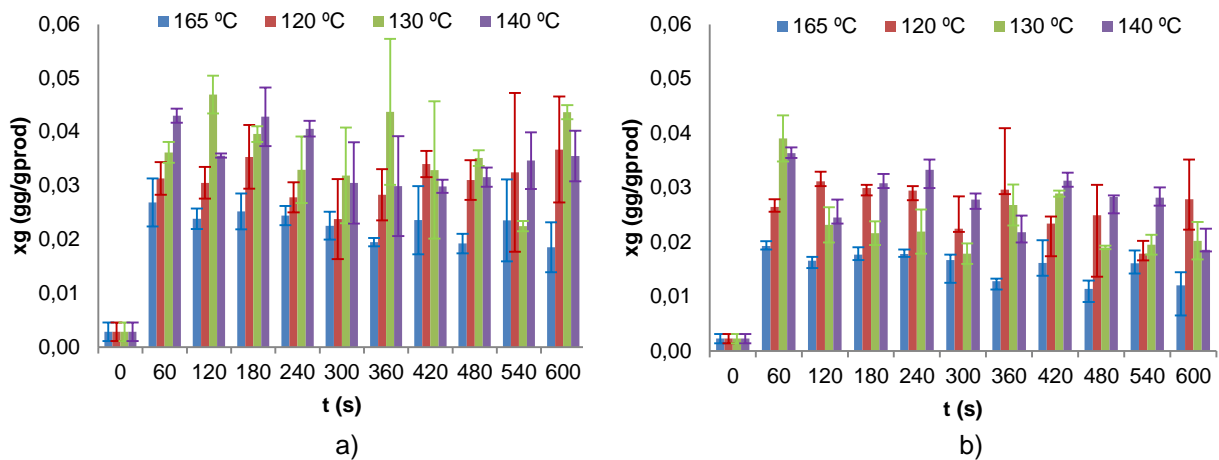


Figura 4. Evolución del contenido graso obtenido de las rodajas de kiwi para cada tiempo y temperatura del tratamiento empleado. a) Tratamientos sin deshidratación osmótica, b) Tratamientos con deshidratación osmótica.

El contenido promedio de aceite en las muestras tratadas con DO fue del 2,3% mientras las muestras que no fueron sometidas a DO el contenido fueron del 3,14%. El ANOVA realizado entre las muestras con y sin DO mostró que estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y por tanto podemos decir que la DO disminuye la ganancia de aceite de las rodajas de kiwi fritas.

Comparando cada uno de los tiempos establecidos para las diferentes frituras sin deshidratación osmótica, el tiempo en el que mayor grasa absorbe la rodaja es a los 120 segundos a 130 °C. Por otro lado, la fritura atmosférica (165 °C), tanto con pretratamiento como sin él, es el tratamiento con el que las rodajas han absorbido menor cantidad de aceite. Se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre las frituras a vacío de 130 °C y 140 °C, pero sí entre el resto de tratamientos.

Respecto a los tiempos para los distintos tipos de fritura con deshidratación osmótica, en el que mayor contenido de grasa absorbe la rodaja de kiwi es a los 60 segundos a 130 °C.

Garayo y Moreira (2002) sugieren que el contenido final de aceite del producto en el caso de fritura a vacío no es función de la temperatura, sino del tiempo de fritura y, por tanto, de la humedad remanente del producto, que aumenta al disminuir la temperatura del producto.

El mayor incremento del contenido en aceite coincide con el tiempo en que se pierde una gran cantidad de humedad de las rodajas de kiwi (Figura 3), indicando que existe una relación entre el contenido de aceite de la rodaja y la pérdida de humedad de la misma tal como se indica en otros estudios de fritura a vacío (Liu-Ping et al., 2005; Shyu et al., 2005).

Por otro lado, en otros trabajos consultados no aparece un criterio uniforme sobre la relación entre presión y temperatura, con la velocidad de absorción de aceite. Por ejemplo, Liu-Ping et al. (2005) observaron que la

velocidad de absorción de aceite en chips de zanahoria aumentaba con la temperatura.

Gamble et al. (1987) observaron que el contenido de aceite no estaba directamente relacionado con la temperatura de fritura, sino con la humedad residual del alimento. Esto lo corroboran Moreira, et al. (1995) que demuestran que la mayor retención de aceite en el producto tiene lugar cuando la mayor cantidad de agua ha salido del mismo.

Para describir los mecanismos de transferencia de aceite en la fritura a vacío Garayo y Moreira (2002) dividen el proceso en tres etapas: fritura, presurización y enfriamiento. Al inicio del período de la fritura la temperatura de ebullición del agua está muy por debajo de los 100 °C por eso el agua se evaporará más fácilmente; la salida del vapor de agua y la baja diferencia de presión entre el interior de los poros del alimento y el aceite no permite que éste penetre en el mismo. Una vez terminada la fritura, el alimento se retira del aceite caliente y empieza a introducirse aire en el equipo (que permanece aún cerrado) para recuperar la presión atmosférica. En esta etapa, conocida como presurización, la presión en los poros se incrementa rápidamente hasta los niveles de presión atmosférica, de forma que el aire y el aceite de la superficie del alimento van llenando los espacios vacíos de los poros hasta que la presión se recupera. Sin embargo, a baja presión el aire se introduce más rápidamente que el aceite dentro del espacio del poro, debido a que la densidad del aire disminuye con la presión más que la del aceite, y obstruye el paso de este último hacia el interior del producto. La tercera etapa empieza cuando el alimento es retirado del equipo de fritura y se conoce como enfriamiento. En esta etapa, parte del aceite que se encuentra en la superficie continúa penetrando en los poros del alimento, del mismo modo que en la fritura a presión atmosférica. A tenor de los resultados obtenidos se observa que la ganancia de aceite en las rodajas de kiwi está condicionada por la salida de agua de las muestras, así las muestras fritas a presión atmosférica, que pierden menos agua, son las que menos aceite ganan y las muestras con DO cuya velocidad de secado era menor también son las que menos aceite ganaron. No obstante en general podemos decir que el contenido de aceite de las muestras en todos los casos estudiados fue bajo no superando en ningún caso el 5%.

3.1.4. Color

Uno de los objetivos de la fritura a vacío es mejorar el color de los alimentos por la baja temperatura y el bajo contenido en oxígeno. El color dorado es característico y un atributo muy significativo de la calidad de un producto frito y determinante en la aceptación del mismo por parte de los consumidores (Krokida et al., 2001).

En la Tabla 1 se muestra la evolución de las coordenadas colorimétricas CIE $L^*a^*b^*$, el tono (h_{ab}^*), el croma (C^*) y ΔE en función del tiempo y la temperatura aplicadas de los diferentes tratamientos en las rodajas de kiwi.

Tabla 1. Evolución de las coordenadas colorimétricas CIE L*a*b*, el tono (h_{ab}*), el croma (C*) y ΔE en función del tiempo y la temperatura aplicadas de los diferentes tratamientos en las rodajas de kiwi. Valores promedio (SD).

SIN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA							
T (° C)	t (s)	L*	a*	b*	C*	h _{ab} *	ΔE
Kiwi fresco	0	38 (3)	-2 (0,1)	8 (1)	8 (1)	180 (0,0004)	0 (0)
165	60	44 (2) ^(a)	-0,2 (1) ^(a)	14 (5) ^(a)	14 (5) ^(a)	180 (0,03) ^(a)	5 (4) ^(a)
	120	44 (1) ^(a)	-0,3 (1) ^(b)	14 (3) ^(a)	14 (3) ^(a)	180 (0,03) ^(a)	4 (0,9) ^(a)
	180	42 (1) ^(ab)	1 (1) ^(a)	12 (2) ^(b)	12 (2) ^(b)	0,02 (0,02) ^(b)	4 (1) ^(a)
	240	41 (2) ^(b)	1 (1) ^(c)	10 (3) ^(b)	10 (3) ^(b)	0,02 (0,002) ^(b)	4 (1) ^(a)
120	60	45 (3) ^(a)	-0,6 (1) ^(a)	20 (3) ^(a)	20 (3) ^(a)	180 (0,03) ^(a)	5 (2) ^(a)
	120	46 (5) ^(a)	0,2 (0,7) ^(b)	20 (2) ^(a)	20 (2) ^(a)	0,03 (0,03) ^(a)	6 (3) ^(a)
	180	46 (2) ^(ab)	2 (1) ^(a)	16 (1) ^(b)	16 (1) ^(b)	0,02 (0,001) ^(b)	7 (1) ^(a)
	240	47 (3) ^(b)	2 (0,5) ^(c)	15 (1) ^(b)	16 (1) ^(b)	0,02 (0,0006) ^(b)	8 (1) ^(a)
130	60	37 (3) ^(a)	5 (1) ^(a)	16 (3) ^(a)	17 (3) ^(a)	0,02 (0,001) ^(a)	11 (1) ^(a)
	120	40 (4) ^(a)	1 (1) ^(b)	27 (7) ^(a)	28 (7) ^(a)	0,03 (0,02) ^(a)	18 (7) ^(a)
	180	43 (1) ^(ab)	4 (0,3) ^(a)	21 (1) ^(b)	21 (1) ^(b)	0,02 (0,0003) ^(b)	13 (1) ^(a)
	240	40 (3) ^(b)	5 (1) ^(c)	25 (8) ^(b)	26 (8) ^(b)	0,02 (0,002) ^(b)	18 (7) ^(a)
140	60	41 (2) ^(a)	5 (1) ^(a)	11 (2) ^(a)	13 (2) ^(a)	0,02 (0,003) ^(a)	8 (1) ^(a)
	120	37 (4) ^(a)	5 (1) ^(b)	7 (5) ^(a)	9 (4) ^(a)	0,02 (0,005) ^(a)	9 (1) ^(a)
	180	34 (2) ^(ab)	3 (1) ^(a)	2 (2) ^(b)	4 (2) ^(b)	0,01 (0,005) ^(b)	10 (0,8) ^(a)
	240	34 (3) ^(b)	3 (1) ^(c)	2 (2) ^(b)	4 (2) ^(b)	0,01 (0,007) ^(b)	10 (1) ^(a)
CON DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA							
T (° C)	t (s)	L*	a*	b*	C*	h _{ab} *	ΔE
Kiwi fresco	0	38 (3)	-2 (0,1)	8 (1)	8 (1)	180 (0,0004)	0 (0)
165	60	43 (2) ^(a)	-1 (0,9) ^(a)	10 (2) ^(a)	10 (2) ^(a)	180 (0,001) ^(a)	1 (1) ^(a)
	120	42 (2) ^(a)	-1 (0,6) ^(b)	9 (2) ^(ab)	9 (2) ^(a)	180 (0,0009) ^(b)	1 (1) ^(a)
	180	40 (2) ^(a)	-0,2 (1) ^(c)	9 (2) ^(b)	9 (1) ^(a)	180 (0,03) ^(c)	3 (1) ^(b)
	240	41 (2) ^(b)	-0,09 (0,6) ^(d)	9 (2) ^(c)	9 (2) ^(b)	180 (0,03) ^(c)	2 (1) ^(c)
120	60	43 (2) ^(a)	-1 (0,7) ^(a)	9 (2) ^(a)	9 (2) ^(a)	180 (0,001) ^(a)	1 (1) ^(a)
	120	42 (2) ^(a)	-1 (0,6) ^(b)	8 (2) ^(ab)	8 (2) ^(a)	180 (0,001) ^(b)	1 (1) ^(a)
	180	40 (2) ^(a)	-0,02 (0,8) ^(c)	8 (2) ^(b)	8 (2) ^(a)	180 (0,03) ^(c)	3 (1) ^(b)
	240	41 (2) ^(b)	-0,01 (0,6) ^(d)	8 (2) ^(c)	8 (2) ^(b)	180 (0,03) ^(c)	2 (1) ^(c)
130	60	43 (2) ^(a)	-0,7 (1) ^(a)	13 (3) ^(a)	13 (3) ^(a)	180 (0,02) ^(a)	6 (1) ^(a)
	120	42 (2) ^(a)	0,4 (0,7) ^(b)	13 (3) ^(ab)	13 (3) ^(a)	0,03 (0,03) ^(b)	5 (2) ^(a)
	180	43 (4) ^(a)	3 (0,8) ^(c)	12 (3) ^(b)	12 (3) ^(a)	0,02 (0,002) ^(c)	7 (1) ^(b)
	240	42 (2) ^(b)	5 (0,9) ^(d)	10 (3) ^(c)	11 (3) ^(b)	0,02 (0,002) ^(c)	8 (2) ^(c)
140	60	42 (2) ^(a)	0,08 (0,6) ^(a)	13 (2) ^(a)	13 (2) ^(a)	0,03 (0,03) ^(a)	5 (2) ^(a)
	120	42 (3) ^(a)	2 (1) ^(b)	14 (3) ^(ab)	14 (3) ^(a)	0,02 (0,001) ^(b)	8 (2) ^(a)
	180	44 (2) ^(a)	4 (0,9) ^(c)	11 (3) ^(b)	11 (2) ^(a)	0,02 (0,003) ^(c)	8 (1) ^(b)
	240	37 (3) ^(b)	3 (2) ^(d)	2 (5) ^(c)	5 (4) ^(b)	0,01 (0,009) ^(c)	12 (0,6) ^(c)

















(a)(b)(c)(d) Grupos homogéneos establecidos por el ANOVA (p<0,05) con el factor tiempo de tratamiento para cada temperatura estudiada.

Las muestras tratadas a 165 °C y 120 °C sin DO, no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) respecto a L^* , b^* , C^* y h_{ab}^* entre los tiempos 60, 120 segundos. Por otro lado, a 130 °C y 140 °C mostraron evidencias significativas entre los tiempos 180, 240 con respecto a los tratamientos anteriores. Esto refleja que si aplicamos un tratamiento mayor a 120 segundos la muestra empieza a disminuir en luminosidad y por tanto el color empezará a pardear, siendo visualmente menos vistoso para el consumidor.

Por otro lado, las muestras tratadas a 165 °C, 120 °C y 130 °C con DO, no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) respecto a la luminosidad y el croma entre los tiempos 60, 120 y 180 segundos. En cuanto al resto de los parámetros, se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas y los tiempos de cada tratamiento. Esto refleja que si aplicamos un pretratamiento con deshidratación osmótica los chips conservan mejor su color, siendo la fritura a vacío de 120 °C a 60 y 120 segundos el que menor ΔE presenta. Manteniendo el tono en los verdes, evolucionando el resto de los tratamientos a los tonos amarillentos y pardos, tonos que no serían aceptados por el consumidor.

Por tanto, el color se ve claramente afectado por las condiciones de proceso, principalmente por el tiempo, la temperatura y los pretratamientos realizados a las rodajas de kiwi.

Tabla 2. Evolución del color de las rodajas de kiwi en función del tiempo y la temperatura aplicados en los diferentes tratamientos.

SIN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA				
t (s)	FA 165 °C	FV 120 °C	FV 130 °C	FV 140 °C
60				
120				
180				
240				

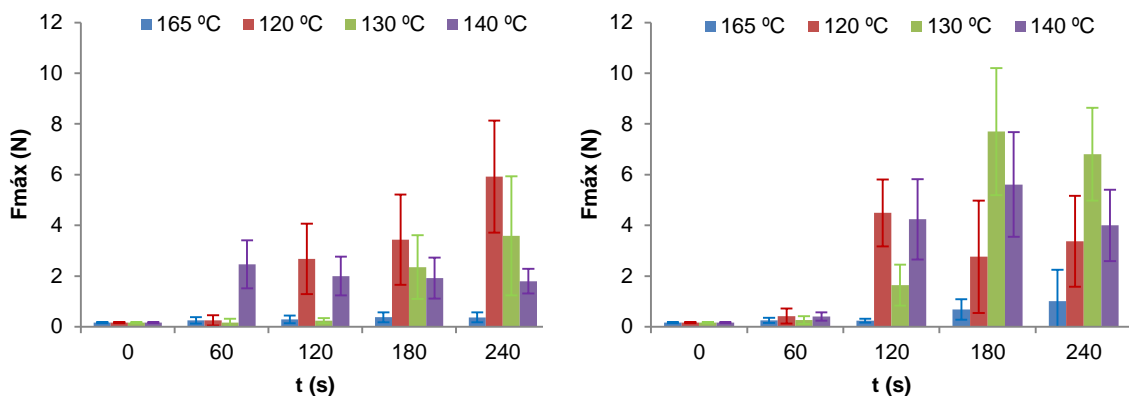
CON DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA				
t (s)	FA 165 °C	FV 120 °C	FV 130 °C	FV 140 °C
60				
120				
180				
240				

En la Tabla 2 se puede observar la evolución del color de las rodajas de kiwi en función del tiempo y la temperatura aplicados en los diferentes tratamientos.

A simple vista se ve la influencia que tiene el pretratamiento con DO en la conservación del color inicial de las rodajas de kiwi. Siendo la fritura a vacío con DO de 130 °C la que menor pardeamiento sufre.

3.1.5. Textura

La determinación de la fuerza máxima (N) es una medida que establece cómo de crujiente es el chip, de forma que valores bajos de fuerza de ruptura indican un valor alto de crujencia (Liu-Ping *et al.*, 2006).



a)

b)

Figura 5. Valores de fuerza máxima (N) obtenidos con el ensayo de punción en la pulpa de las rodajas de kiwi en función de la temperatura y el tiempo del tratamiento aplicado. a) Tratamientos sin deshidratación osmótica, b) Tratamientos con deshidratación osmótica.

El ensayo de punción mide la fuerza requerida para hacer penetrar un punzón en el alimento hasta alcanzar el umbral de fluencia o punto de ruptura del mismo.

En la Figura 5 se muestran los valores de fuerza máxima (N) obtenidos con el ensayo de punción en la pulpa de las rodajas de kiwi en función del tratamiento aplicado.

En referencia al ensayo de punción realizado en los tratamientos sin deshidratación osmótica a la pulpa de la rodaja de kiwi, el valor de mayor fuerza máxima fue en la fritura a vacío de 120 °C a los 240 segundos. En cuanto al ensayo de punción realizado en los tratamientos con deshidratación osmótica, el mayor valor de la fuerza máxima correspondió a la fritura a vacío a 130 °C y 180 segundos.

Para los tratamientos sin deshidratación osmótica no se encontraron evidencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre cada uno de los tratamientos con sus diferentes variables tiempo y temperatura. No obstante, para los tratamientos con deshidratación osmótica se encontraron diferencias significativas entre los 180 y 240 segundos, no encontrándose evidencias entre sus temperaturas.

4. CONCLUSIONES

El propósito de utilizar una deshidratación osmótica como pretratamiento en los procesos de fritura para elaborar chips de kiwi con mayor contenido de humedad y mejor conservación del color se cumple. El color se ve significativamente afectado por los tratamientos y la deshidratación osmótica, obteniéndose menores ΔE respecto a las rodajas de kiwi frescas con deshidratación osmótica y fritura a vacío. La fritura a vacío de chips de kiwi con deshidratación osmótica previa resultó ser un tratamiento alternativo a la fritura a presión atmosférica ya que mejora el color de las muestras, reduce el contenido de humedad de las mismas y mantiene su carácter crujiente, siendo el tratamiento a 130 °C a vacío y con deshidratación osmótica el que mejores resultados aportó.

5. REFERENCIAS

- Baumann, B. y Escher, F. (1995). Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices, rate of drying and oil uptake. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 395-403.
- Bravo Vásquez, J.E. (2008). Contribución al estudio de la fritura al vacío: deshidratación de rodajas de manzana. Tesis doctoral.
- Costa, R.M. y Oliveira, F.A.R. (1999). Modelling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. *Journal of Food Engineering*, 41, 177-185.
- Dobarganes, M.; Pérez-Camino, M. y Márquez-Ruiz, C. (1988). High performance size exclusion chromatography of polar compounds in heated and non-heated fats. *Fat Science Technology*. 90, 308.

- E. García Martínez, J. Martínez Monzó, M. M. Camacho y N. Martínez Navarrete (2001). Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. *Food Research International*, 35, 307-313.
- Elizabeth Troncoso, Franco Pedreschi (2009). Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *Food Science and Technology*, 42, 1164-1173.
- Escuelas Idea Sana EROSKI Septiembre – Octubre 2009 “Kiwi, concentrado de vitaminas”.
- Gamble MH, Rice P, Selman JD (1987) Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record UK tubers. *Int J Food Sci Tech* 22: 233–241.
- Garayo, J. y Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55, 181-191.
- Isabel Escriche, Ricardo García-Pinchi, Jose M. Carot y Juan A. Serra (2001). Comparison of must and sucrose as osmotic solutions to obtain high quality minimally processed kiwi fruit (*Actinidia chinensis P.*) slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 87-95.
- Jagoba Garayo y Rosana Moreira (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55, 181-191.
- Krokida, M. K.; Oreopoulou, V.; Maroulis, Z. B. y Marino-Kouris, D. (2000a). Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44, 39-46.
- Krokida, M. K.; Oreopoulou, V.; Maroulis, Z. B. y Marinos-Kouris, D. (2001). Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 48, 219-225.
- Lazarides, HN.; Gekas, V.; Mavroudis, N. (1997). Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Journal Food Engineering* 31, 315–324.
- Linska G, Leszczynski W (1991) Potato science and technology. Elsevier Applied Science. London.
- Liu-Ping, F., Zhang, M. y Mujumdar, A. S. (2006). Effect of various Pretratments on the Quality of Vacuum-fried Carrot chips. *Drying Technology*, 24, 1481-1486.
- Madamba, PS. (2003). Thin layer drying models for osmotically predried young coconut. *Drying Technology*, 21,1759–1780.
- Mónica Rafols (1988). El cultivo moderno y rentable del kiwi. Editorial De Vecchi.
- Moreira, R. G.; Palau, J. E. y Sun, X. (1995). Deep-fat frying of tortilla chips: An engineering approach. *Food Technology*, April, 146-150.
- Moreira, R.G. (2001). Deep-Fat Frying of Foods. En: *Food Processing Operations Modeling*. Marcel Dekker, Inc., Nueva York. EUA. pp. 115-146.
- Moyano P, Rioseco VK, Gonzalez, PA (2002) Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries. *J Food Eng* 54: 249–255.
- P. Talens, N. Martínez-Navarrete, P. Fito y A. Chiralt (2002). Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 191-199.
- Paulo F. Da Silva y Rosana G. Moreira (2008). Vacuum frying of high-quality fruit and vegetables-based snacks. *Food Science and Technology*, 41, 1758-1767.
- Puleva Salud, Marzo 2010 – <http://www.pulevasalud.com>
- Shela Gorinstein, Ratiporn Haruenkit, Sumitra Poovarodom, Yong-Seo Park, Suchada Vearasilp, Milan Suhaj, Kyung-Sik Ham, Buk-Gu Heo, Ja-Yong Cho y Hong Gi Jang (2009). The comparative characteristics of snake and kiwi fruits. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1884-1891.
- Shyi-Liung Shyu, Lucy Sun Hwang (2000). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34, 133-142.
- Shyu, S.-L. y Hwang, L. S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34, 133-142.
- V. Dueik, P. Robert, P. Bouchon (2009). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot chips. *Food Chemistry*, 119, 1143-1149.

Yolanda Nunes y Rosana G. Moreira (2009). Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. *Journal of Food Science*, vol. 74, Nr. 7.