



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Impregnación por vacío: Impacto de las variables tecnológicas para la obtención de manzanas mínimamente procesadas

Faicán, María Auxiliadora; Cortez, Juan Diego; Piagentini, Andrea Marcela; Pirovani, María Élica
Impregnación por vacío: Impacto de las variables tecnológicas para la obtención de manzanas mínimamente procesadas
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 2, 2018
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541007>

Impregnación por vacío: Impacto de las variables tecnológicas para la obtención de manzanas mínimamente procesadas

Vacuum impregnation: impact of technological variables to obtain minimally processed apples

*María Auxiliadora Faicán*¹
Universidad Nacional del Litoral, Argentina
Consejo Nacional de Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas, Argentina

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541007>

*Juan Diego Cortez*²
Universidad Nacional del Litoral, Argentina

*Andrea Marcela Piagentini*³
Universidad Nacional del Litoral, Argentina

*María Élica Pirovani*⁴
Universidad Nacional del Litoral, Argentina
 mpirovan@fiq.unl.edu.ar

Recepción: 30 Mayo 2018
 Aprobación: 17 Septiembre 2018
 Publicación: 10 Diciembre 2018

RESUMEN:

Se estudió, mediante diseño factorial, el impacto de la presión de vacío (P_1 : 67.7 y P_2 : 667.3mbar) y el tiempo de vacío/relajación (t_1 : 3/3 y t_2 : 10/10 min), sobre la calidad de "fresco" de cubos de manzanas *Granny Smith* impregnados por vacío con solución de sacarosa (30°Bx), mas adición de 1% de ácido cítrico y 1% de ácido ascórbico, a 22oC. Las respuestas fueron variación relativa porcentual ($\Delta\%$) respecto a la fruta fresca cortada sin tratar de: sólidos solubles (SS), pH, a_w , firmeza (F) y color (L^* , C^*_{ab} h_{ab} y ΔE^*_{ab}). Se determinaron los parámetros de transferencia de masa (%): ganancia de sólidos (SG), pérdida de agua (WL) y reducción de peso (WR). La $\Delta\%$ SS, $\Delta\%$ pH y $\Delta\%$ aw resultaron afectadas por P y t. Los SS incrementaron a P_2 (27-40%). El pH disminuyó en todos los casos. La a_w mostró cambios leves (máximo -0.4%). La firmeza a P_2 se redujo (31%) y una combinación de P_1 y t_1 generó incremento ($\approx 1\%$). La $\Delta\%$ L^* y ΔE fueron afectadas por P y t, mientras que $\Delta\%$ C^*_{ab} y $\Delta\%$ hab solo por P. El valor de L^* a P_2 disminuyó (20-21%); pero con P_1 y t_1 aumentó ($\approx 8\%$). C^*_{ab} incrementó con P_1 (12 a 15%) y con P_2 disminuyó (18 a 25%). El valor h_{ab} en general incrementó levemente (0.2 al 7%) pero con P_1 y t_1 disminuyó. La ΔE^*_{ab} a P_2 mostró cambios importantes de color ($\Delta E^*_{ab} > 12$); y con P_1 los cambios fueron menores. SG fue afectada por P y t (mayor incremento con P_2). WR fue afectado por P, con incremento de peso en todos los casos. La WL en el rango de las variables estudiadas no fue afectada por ningún factor (1,8% promedio). La P es la variable que debería controlarse con mayor precisión para mantener la calidad de "fresco" del producto.

NOTAS DE AUTOR

- 1 Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral). Santiago del Estero 2829. Santa Fe, Argentina.
Consejo Nacional de Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Santa Fe, Argentina. mpirovan@fiq.unl.edu.ar
- 2 Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral). Santiago del Estero 2829. Santa Fe, Argentina.
- 3 Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral). Santiago del Estero 2829. Santa Fe, Argentina.
- 4 Consejo Nacional de Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Santa Fe, Argentina. mpirovan@fiq.unl.edu.ar

Autora de correspondencia María Élica Pirovani. E-mail: mpirovan@fiq.unl.edu.ar

PALABRAS CLAVE: impregnación por vacío, calidad de fresco, manzana, mínimo procesamiento.

ABSTRACT:

The aim of this work was to study, using a factorial design, the impact of vacuum pressure (P_1 : 67.7 and P_2 : 667.3mbar) and vacuum/relaxation periods (t_1 : 3/3 and t_2 : 10/10 min) on “fresh-like” quality of *Granny Smith* apple cubes. Apples were vacuum impregnated with sucrose solution (30 °Bx) with addition of 1% citric acid + 1% ascorbic acid; at 22°C. The analyzed responses were the variation percentage ($\Delta\%$) of impregnated fruit in relation to cut fruit (control) of: Soluble Solids (SS), pH, a_w , firmness (F), colour (L^* , C^*_{ab} , h_{ab} and total colour difference ΔE^*_{ab}) and mass transfer parameters: Solid Gain (SG), Water Loss (WL) and Weight Reduction (WR). The $\Delta\%$ SS, $\Delta\%$ pH and $\Delta\%$ a_w was affected by P and t. The SS showed greater increase with P_2 (27-40%). The pH decreased in all cases. The a_w values showed little changes in all cases (maximum -0.4%). The firmness decreased with P_2 (31%) but a combination of P_1 and t_1 generated increase ($\approx 1\%$). The $\Delta\%$ L^* and ΔE were affected by P and t. The $\Delta\%$ C^*_{ab} and $\Delta\%$ h_{ab} were affected only by P. The L^* value decreased with P_2 (20-21%), on the other hand, with P_1 and t_1 condition, L^* value increased ($\approx 8\%$). The C^*_{ab} value increased with P_1 (12 a 15%) and decreased with P_2 (18 a 25%). The h_{ab} value in most cases resulted in changes of less impact (increase 0.2 al 7%). With P_1 and t_1 h^* value was negative. The ΔE with P_2 showed important changes ($\Delta E^*_{ab} > 12$), otherwise, there were lower color differences with P_1 . SG was affected by P and t (major increase with P_2). WR was affected by P (weight gain in all cases). WL was not affected by any factor (1.8% average) in the range of studied variables. P is the variable that should be controlled with greater precision to maintain the “fresh” quality of the product.

KEYWORDS: vacuum impregnation, fresh-like quality, apple, minimally processed.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de impregnación por vacío (IV) es una técnica tradicional usada como única o primera etapa de diversos procesos de conservación. El proceso consta de dos etapas: la primera en la que la fruta es sumergida en una solución osmótica (SO) y sometida a presión de vacío, en esta etapa el gas ocluido en los poros de la matriz vegetal se expande y fluye hacia el exterior, seguida de una segunda etapa de relajación, donde se restaura la presión atmosférica; aquí el gas residual es comprimido y el líquido externo fluye al interior de los poros, permitiendo así el enriquecimiento de la matriz alimentaria con la solución osmótica (Andrés *et al.*, 2001).

Martínez-Monzó *et al.* (2001) y Neri *et al.* (2016) indicaron que en la tecnología de IV, la sustitución parcial o total del aire presente en los poros de la matriz alimentaria por la SO depende de la presión de vacío, y ésta puede ser la variable más importante en el proceso.

Paes, Stringari y Laurindo (2005) estudiaron el efecto del tiempo de vacío y relajación en IV de manzanas variedad *Gala*, con presión suave (40mbar) y SO isotónica de sacarosa, con períodos de tiempo entre 0 y 120min; observando mayor incremento de SS en tiempos de alrededor de 10min.

Todos estos procesos internos pueden generar cambios en la matriz vegetal que alteran su condición de “fresca” como consecuencia de los flujos de materia en el tejido; asimismo ocurren cambios de tipo estructural como alteración celular por la deformación y rotura de elementos celulares asociados con la deshidratación y los intercambios de gas-líquido. De la misma manera todos estos fenómenos provocan alteraciones en las propiedades macroscópicas del producto, tales como las propiedades ópticas y mecánicas, que están relacionados con la apariencia y textura del alimento, respectivamente (Alzamora *et al.*, 1997; Bansal *et al.*, 2015).

En ese sentido, es fundamental establecer las condiciones de proceso adecuadas ya que las mismas definirán la calidad final del producto.

OBJETIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el impacto de la presión de vacío (P) y el tiempo de vacío/relajación (t), sobre la calidad de “fresco” de manzanas mínimamente procesadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima y procesamiento

Se emplearon manzanas variedad *Granny Smith* obtenidas en el mercado local, y se almacenaron en cámara de frío a una temperatura de 1.5°C hasta el momento de los ensayos. Posteriormente las manzanas fueron seleccionadas, verificando que no presenten daños o defectos, y se colocaron en mesada hasta que alcancen una temperatura ambiente de alrededor de 22°C. Posteriormente se lavaron, pelaron, descorazonaron, cortaron en cubos de 1.5cm de lado y finalmente fueron pesadas.

El proceso de impregnación se realizó en un recipiente de vidrio de 3L de capacidad, con tapa rosca provista de dos válvulas, una conectada a un vacuómetro y la otra a la bomba de vacío (Bombacio 31 042/169).

Los cubos de manzana fueron sumergidos en una SO de sacarosa a 30°Bx +1% de ácido cítrico (AC)+1% de ácido ascórbico (AA), con una relación fruta: jarabe 1:10 p/p, a temperatura ambiente (22°C). Los ensayos se realizaron de acuerdo a un diseño factorial de dos variables en dos niveles (2²): presión de vacío (P₁:67.7 y P₂: 667.3 mbar) y tiempo de vacío/relajación (t₁: 3/3 y t₂: 10/10 min). Al final de cada tratamiento de IV, los cubos fueron ubicados en una malla durante 1min para escurrir la SO presente en la superficie, luego fueron colocados en papel absorbente para retirar el excedente de SO por un tiempo de 30s de un lado y 30s del otro, finalmente los cubos fueron pesados para posterior análisis.

Sólidos solubles (SS), pH, actividad de agua (a_w) y humedad

Para la determinación de sólidos solubles (SS), pH, humedad y actividad de agua (a_w) se homogenizaron 50g de muestra, tanto de fruta fresca cortada (FF) y fruta fresca cortada tratada (FT), se tomaron alícuotas de 5g para medición de SS, pH y a_w, los análisis se efectuaron por triplicado. Para determinación de humedad se tomaron 10g de muestra y el análisis se realizó por duplicado. La medición de SS se realizó con un refractómetro portátil digital PAL-ALFA (Atago, Tokio, Japón). La medición del pH se efectuó con un pHmetro Cardy Twin B-113 (Horiba Ltd, Kyoto, Japón), la determinación de actividad de agua se realizó en el equipo Aqualab CX2, el contenido de humedad se realizó a través del método 22.013 de la AOAC (1984), determinando el peso de la muestra humedad y el peso de la muestra seca a 65°C.

Firmeza

Para esta determinación se empleó un analizador de textura TA.XT Plus (Stable Micro System). Se tomaron 10 cubos por muestra de FF y FT, se realizó un test de penetración utilizando una punta cilíndrica de 11mm de largo y 4mm de diámetro, con una celda de carga de 50Kg, con distancia de penetración de 8mm a una velocidad de test de 1mm/s. Se utilizó el software *Exponent* para determinación de fuerza máxima (F) expresada en Newton (N).

Medida instrumental de color

La medición del color se realizó según Piagentini *et al.* (2012); para lo cual se utilizó un espectrofotómetro Minolta CM 508-d a 10° con iluminante D65 y SCE (componente especular excluido). La medición se realizó sobre 10 cubos de FF y FT, y se evaluó el espacio de color $L^*C^*_{ab} h_{ab}$ y la diferencia total de color (ΔE^*_{ab}). La luminosidad varía de $L^*=100$ (blanco) a $L^*=0$ (negro); el parámetro C^*_{ab} indica la cromaticidad o saturación; h_{ab} es el ángulo de tono: 0° (rojo), 90° (amarillo), 180° (verde) y 270° (azul).

La diferencia total de color ΔE se define a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

$$\Delta L^* = L^*_{FT} - L^*_{FF}$$

$$\Delta a^* = a^*_{FT} - a^*_{FF}$$

$$\Delta b^* = b^*_{FT} - b^*_{FF}$$

Según Limbo y Piergiovani (2005), la diferencia total de color, se usa en particular para distinguir la diferencia entre dos colores, tal como se indica en la siguiente escala:

$\Delta E < 0.2$: diferencia no perceptible

$0.2 < \Delta E < 0.5$: muy pequeña diferencia

$0.2 < \Delta E < 0.5$: pequeña diferencia

$2 < \Delta E < 3$: diferencia algo perceptible

$3 < \Delta E < 6$: diferencia perceptible

$6 < \Delta E < 12$: fuerte diferencia

$\Delta E > 12$: colores diferentes

Parámetros de transferencia de masa: porcentaje de Ganancia de sólidos (%SG), porcentaje pérdida de agua (%WL), porcentaje de reducción de peso (%WR)

A partir de los valores de humedad obtenidos se determinaron los parámetros %SG (Ec. 2), %WL (Ec. 3) y %WR (Ec. 4), a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\%SG = \frac{M_f(100-H_f) - M_i \times (100-H_i)}{M_i} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\%WL = \frac{H_i - H_f}{M_i} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\%WR = WL - SG \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

M_i = masa inicial de la fruta, antes del tratamiento (g)

M_f = masa final de la fruta, luego del tratamiento (g)

H_i = Humedad relativa de la manzana fresca cortada (%)

H_f = Humedad relativa de la manzana fresca cortada tratada (%)

Análisis estadístico

Las respuestas SS, pH, aw, F y parámetros de color (L^* , C^*_{ab} y h_{ab}) fueron expresadas como la variación relativa porcentual de cada atributo Q ($\Delta Q\%$) con respecto a la fruta FF (Ec. 5):

$$\Delta Q(\%) = \frac{(Q_{FT} - Q_{FF})}{Q_{FF}} \times 100$$

Donde:

FF= fruta fresca cortada sin tratar

FT= fruta fresca cortada tratada

Se realizó un ANOVA multifactorial para determinar cómo afectan los factores a las respuestas evaluadas. Posteriormente se efectuó un ANOVA de una vía y un análisis de rango múltiple con el test de Tukey, para determinar diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0.05$); mediante el software Statgraphics Centurion.

RESULTADOS Y DISCUSION

El resultado del ANOVA multifactorial (no mostrado) indica que la $\Delta\%SS$, $\Delta\%pH$ y $\Delta\%aw$ fueron afectadas por la presión de vacío y el tiempo de vacío/relajación, mientras que la $\Delta\%F$ solo fue afectada por la presión de vacío.

En la Tabla 1 se puede observar que la $\Delta\%SS$ a la presión más alta (P_2) resultó en un incremento importante con respecto a la FF (entre 27% y 40%, dependiendo del tiempo de tratamiento). Así mismo, mayor tiempo de IV significó un mayor incremento de los sólidos solubles. Un efecto similar fue observado por Paes, Stringari y Laurindo (2005), quienes estudiaron el efecto del tiempo de vacío y relajación en IV de manzanas variedad *Gala*, con presión suave y SO isotónica, con períodos de tiempo entre 0 y 120min

Los cambios por la IV, resultaron en reducción del pH de las frutas tratadas en todos los casos ($\Delta\%pH$ negativos). Tal como lo recomiendan diversos autores (Roble *et al.* 2011; Ferreira *et al.* 2010 y Martin-Belloso *et al.* 2009), la disminución de pH de la manzana mínimamente procesada debido a la presencia de ácido cítrico y ácido ascórbico en la SO, es importante para evitar el pardeamiento enzimático y mantener su color de la fruta.

El cambio en a_w en la fruta tratada si bien fue significativa, resultó leve ($\Delta\%a_w$ resultó en una disminución de -0,4% a presión de vacío P_2 y tiempo de vacío/relajación largo).

En lo que respecta a la firmeza, las manzanas impregnadas a presión de vacío P_2 perdieron aproximadamente 31% independientemente del tiempo de tratamiento. Sin embargo, con una combinación de presión de vacío baja (P_1) y tiempo corto (t_1), la firmeza aumentó levemente ($\approx 1\%$) (Tabla1).

En lo referente a los parámetros de color, el ANOVA sobre las variables (no mostrado) indico que $\Delta\%L^*$ y ΔE , resultaron afectadas por el tiempo y presión de vacío, mientras que $\Delta\%C^*$ y $\Delta\%h^*$ solamente resultaron función de la presión.

Las frutas impregnadas con P_2 mostraron reducción de la luminosidad respecto a la FF bajo las dos condiciones de tiempo ($\Delta\%L^*$ negativos), alcanzando valores entre el 20 - 21% menores que las muestras sin tratar; en cambio con P_1 y t_1 se produjo un aumento de L^* (muestras más claras) de aproximadamente 8% (Tabla 1). En este sentido, Moreno et al. (2006), reportaron disminución en la luminosidad de manzanas *Granny Smith* sometidas a IV a 50mbar por 5min a diferentes temperaturas (30 a 50°C).

Con respecto a la cromaticidad, las frutas tratadas a P₁ tuvieron incremento en los valores de cromaticidad (C*) alcanzando un aumento entre un 12 a 15%. Sin embargo, cuando se trabajó con P₂, se generó disminución de este valor, alcanzando una reducción entre un 18 a 25% de menor saturación.

En lo que respecta al cambio en el ángulo de tono, si bien fue significativo, resultó en la mayoría de los casos en cambios de menor impacto (0.2 al 7%) y positivos (tonos más amarillos). La Δ%h* fue negativa al trabajar con presión baja P₁ y t₁ (muestras menos amarillas mas rojizas), mientras que con t₂ prácticamente no hubo cambios con respecto a la fruta sin tratar (Tabla 1).

TABLA 1
Efecto de la presión de vacío y tiempo de tratamiento sobre Δ %SS, Δ%pH, Δ%a_w, Δ%F, Δ%L*, Δ%C*_{ab}, Δ%h*_{ab} y ΔE*_{ab}

| Presión de vacío (mbar) | Tiempo vacío/relajación (min) | Δ%SS | Δ%pH | Δ%a _w | Δ%F | Δ%L* | Δ%C* _{ab} | Δ%h* _{ab} | ΔE* _{ab} |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 67.7 | 3/3 | 20.1 ^A | -3.6 ^A | 0.2 ^A | 0.9 ^A | 7.9 ^A | 15.4 ^A | -2.54 ^A | 7.1 ^A |
| | 10/10 | 22.1 ^A | -11.2 ^B | -0.2 ^B | -8.9 ^A | -2.0 ^B | 12.4 ^A | 0.17 ^B | 2.3 ^B |
| 667.3 | 3/3 | 26.8 ^B | -7.6 ^C | -0.3 ^B | -33.5 ^B | -21.4 ^C | -24.8 ^B | 6.63 ^C | 16.8 ^C |
| | 10/10 | 39.6 ^C | -7.8 ^C | -0.4 ^B | -28.0 ^B | -20.1 ^C | -17.8 ^B | 2.24 ^D | 15.6 ^C |
| p | | 0.0000 | 0.0003 | 0.0090 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas por el test de Tuckey (p<0.05)

Las mayores diferencias de color (ΔE*_{ab}) entre la fruta fresca sin tratar y la fruta impregnada, se obtuvieron a la mayor presión. A baja presión el cambio se considera de algo perceptible a bastante perceptible, según lo sugerido por Limbo y Piergiovani (2005) y a alta presión los cambios de color son muy importantes (ΔE*_{ab}>12) para ambos tiempos.

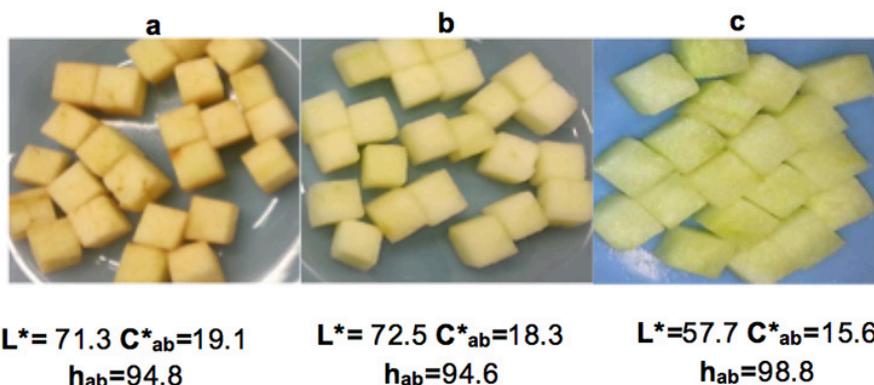


FIGURA 1

Manzanas mínimamente procesadas sometidas a impregnación por vacío (IV)

a) Fruta fresca sin tratamiento, b) fruta tratada por IV a P₁=67.7mbar y c) fruta tratada por IV a P₂=667.3mbar. Proceso de IV: tiempo de vacío/relajación: 3/3min, solución osmótica de sacarosa (30°Bx) con 1%AA +1% AC.

En lo referente a los parámetros de transferencia de masa, se observó que SG fue afectado por la presión de vacío y el tiempo de tratamiento, alcanzando mayores valores en manzanas tratadas con presión P₂. WR solamente resultó función de la presión de vacío. En todos los casos se obtuvieron valores negativos, indicando un incremento de peso. A alta presión, se puede ganar entre 3-4%. La WL en el rango de las variables estudiadas no se vio afectada por ningún factor, resultando 1.8% en promedio (Tabla 2). En este sentido, Lazarides (2001) indica que en el caso de IV se busca que el parámetro WL sea bajo, para minimizar la pérdida de peso y evitar un efecto indeseado sobre la textura.

TABLA 2

Efecto de presión de vacío y tiempo de tratamiento sobre los parámetros de transferencia de masa

| Presión de vacío (mbar) | Tiempo vacío/relajación (min) | %SG | %WL | %WR |
|-------------------------|-------------------------------|-----|-----|------|
| 67.7 | 3 | 3.9 | 1.8 | -2.1 |
| | 10 | 2.4 | 1.5 | -0.9 |
| 667.3 | 3 | 6,0 | 2.3 | -3.8 |
| | 10 | 4.5 | 1.7 | -2.8 |

La presión de vacío resultó ser un factor importante en el proceso de IV, esto está de acuerdo con lo demostrado por Martínez-Monzó *et al.* (2001) y Neri *et al.* (2016). La presión de vacío de 667.3mbar, generó un incremento importante de los sólidos solubles, mayor ganancia de sólidos y cambios de color y textura importantes, lo que permite inferir que trabajar a esa presión de vacío significa un cambio importante de la calidad de “fresco” del producto mínimamente procesado.

El uso de una presión de vacío de 67.7 durante 3 min de tiempo de vacío y 3 min de tiempo de relajación, permitió mejorar las propiedades mecánicas de las manzanas mínimamente procesadas generándose un incremento mínimo en la firmeza. A esta presión, los cambios en el color son menores, llegando a obtener muestras con color similar a la fruta fresca o más luminosas y claras.

En el presente estudio se pudo determinar que tiempos de vacío/relajación altos (10 min) resultaron en un importante incremento de los sólidos solubles que modifican la calidad “fresco” del producto, un efecto similar fue observado por Paes, Stringari y Laurindo (2005).

CONCLUSIONES

Las posibilidades de aplicación de impregnación por vacío para frutas mínimamente procesadas donde se desea que se mantenga su condición de “fresco”, tienen limitaciones importantes en cuanto a la presión de vacío que se puede aplicar. Los tiempos empleados en general mostraron un menor impacto en el rango experimental ensayado. Este trabajo demuestra la necesidad realizar estudios posteriores con IV a 67.7 mbares variando el tiempo de vacío y tiempo de relajación para encontrar las mejores condiciones de proceso.

REFERENCIAS

- Alzamora, S. M., Gerschenson, L. N., les, S. L., & Nieto, A. 1997. Structural changes in the minimal processing of fruits: some effects of blanching and sugar impregnation. *Food engineering 2000*, 117-139.
- Andrés, A., Salvatori, D., Albors, A. Chiralt, A., Fito, P. 2001. Vacuum impregnation viability of some fruits and vegetables. En: P. Fito, A. Chiralt, J. Barat, W. Spiess y D. Behsnilian (Ed). *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: Applications in food industries* (pp. 66-77). Lancaster, Estados Unidos: Technomic Publishing Co.
- Bansal, V., Siddiqui, V. y Rahman, M. 2015. Minimally Processed Foods: Overview. En: Siddiqui M. y Rahman M. *Minimally Processed Foods: Technologies for safety, quality and convenience* (pp. 1-15). Estados Unidos: Springer International Publishing.
- Ferreira, D., Kon, T., Kudo, T., Guerra, M. 2010. Enzymatic browning, Polyphenol Oxidase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development. *Hortscience*, 45, (8):1150–1154.
- Fito, P. 1994. Modelling of Vacuum Osmotic Dehydration of Food. *Journal of food engineering*, 22, 313-328.
- Gras, M.L., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A., & Fito, P. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering*, 56, 279-284

- Lazarides, H. 2001. Reasons and Possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. En: P. Fito, A. Chiralt, J. Barat, W. Spiess y D. Behnilian (Ed). *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: Applications in food industries* (pp. 66-77). Lancaster, Estados Unidos: Technomic Publishing Co.
- Limbo, S., & Piergiovanni, L. 2006. Shelf life of minimally processed potatoes: Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest biology and technology*, 39(3), 254-264.
- Martin-Belloso, O., Rojas-Grau, M. 2005. Factores que afectan la calidad. En: A. González, A. Gardea y F. Cuamea-Navarro. (Ed). *Nuevas tecnologías de Conservación de Productos vegetales frescos cortados* (pp.77-91). México: Logiprint.
- Martínez-Monzó, J., Martínez-Navarrete, N., Chiralt, A. y Fito, P. 2001. Combined Vacuum Impregnation-Osmotic Dehydration in Fruit Cryoprotection. En: P. Fito, A. Chiralt, J. Barat, W. Spiess y D. Behnilian (Ed). *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: Applications in food industries* (pp. 66-77). Lancaster, Estados Unidos: Technomic Publishing Co.
- Moreno, J., Simpson, R., Estrada, D., Lorenzen, S., Moraga, D., & Almonacid, S. 2011. Effect of pulsed-vacuum and ohmic heating on the osmodehydration kinetics, physical properties and microstructure of apples (cv. Granny Smith). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 562-568.
- Neri, L., Di Biase, L., Sacchetti, G., Di Mattia, C., Santarelli, V., Mastrocola, D. y Pittia, P. 2016. Use of vacuum impregnation for the production of high quality fresh-like apple products, *Journal of Food Engineering*, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.02.002.
- Piagentini, A.; Martín, L.; Bernardi, C.; Güemes, D.; Pirovani, M. 2012. Color changes in fresh-cut fruits as affected by cultivar, chemical treatment and storage time and temperature. En: J.L. Caivano y M.P. Buera (Ed). *Color in Food: Technological and Psychophysical Aspects* (pp: 263-270). Ney York, Estados Unidos: CRC Press. ISBN: 9781439876930.
- Roble, C., Brunton, N., Gormly, T. y Butler, F. 2011. Quality and antioxidant capacity of fresh-cut Apple wedges enriched with honey by vacuum impregnation. *International Journal of Food Science and Technology*. 46, 626-634.
- Sosa, N ; Salvatori, D ; Schebor, C. 2012 Physico-Chemical and Mechanical Properties of Apple Disks Subjected to Osmotic Dehydration and Different Drying Methods. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1790 – 1802.
- Talens, P., Escriche, L., Martínez-Navarrete, N., & Chiralt, A. 2002. Study of the influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of strawberries. *Journal of Food Science*, 67(5), 1648–1653.