

# EL EFECTO DEL TRATAMIENTO DE IMPREGNACIÓN A VACÍO EN LA RESPIRACIÓN DE FRUTAS (manzana, fresa, melocotón y sandía) MÍNIMAMENTE PROCESADAS

EFFECT OF THE TREATMENT OF IMPREGNATING TO VACUUM IN THE BREATHING OF MINIMALLY PROCESSED FRUITS (apple, strawberry, peach and watermelon)

Germán A GIRALDO G.<sup>1\*</sup>

Recibido: Mayo 9 de 2006 Aceptado: Agosto 28 de 2006

## RESUMEN

El consumo de alimentos mínimamente procesados, principalmente frutas y hortalizas troceadas y empacadas, ha aumentado considerablemente en los países desarrollados. Los tratamientos más comunes de los productos mínimamente procesados son pelado, troceado, y, en algunos casos, fortificación con componentes nutricionales o facilitadores del proceso; es así como la respiración condiciona la vida útil tanto de los vegetales enteros como de los mínimamente procesados (MP); la concentración de gases de la atmósfera, la temperatura y otras variables pueden alterar el fenómeno de la respiración. La impregnación a vacío (IV) es uno de los tratamientos que se les puede aplicar a las frutas MP para disminuir los niveles de  $O_2$ , así como para introducir en la estructura: antioxidantes, conservantes, azúcares, ácidos, etc., gracias a la estructura porosa que ofrecen las frutas y que propicia pequeños cambios composicionales que ayudan a alargar su vida útil. El índice respiratorio influenciado por la IV con soluciones isotónicas en las frutas, se considera una tecnología que favorece la vida media de las frutas. El estudio ha analizado la variación de  $CO_2$  en las muestras cortadas de manzana, fresa, melocotón y sandía, con y sin tratamiento IV, con soluciones isotónicas a 5-10°C. La toma de muestra de los gases se realizó en un recipiente hermético acoplado a un sistema de muestreo automático incorporado a un cromatógrafo de gases. Se realizaron muestreos cada 5 minutos durante 2h, tiempo estimado en que se alcanzaba el equilibrio de la atmósfera. Los resultados mostraron que la IV reduce el índice respiratorio (IR) en MP hasta en un 50% de acuerdo al tipo de fruta.

**Palabras clave:** índice respiratorio, impregnación a vacío, frutas, mínimamente procesados, cromatografía de gases.

## ABSTRACT

There has been an outstanding growth in the consumption of barely processed food (BPF) in developed countries, particularly packed fruit and vegetables. The most common treatments for BPF are peeling, cutting, and sometimes enriching with nutritional components or products that ease processes such as breathing, which is a key factor in reducing the lifetime of both raw and barely processed vegetables. Gas concentration in the atmosphere, temperature, and other variables can affect the breathing process. Vacuum impregnation is one of the techniques that can be used in barely processed fruits in order to reduce  $O_2$  levels and in this fashion to incorporate anti-oxidants, preservatives, saccharine, acid, and other components in their structure. This is possible due to the porous skin that fruits have, which also makes possible small changes in fruit composition and thus to slow down the decaying rate that they may

<sup>1</sup> Programa de Química. Universidad del Quindío. Calle 12 Norte Cra 15, Armenia Colombia.

\* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: ggiraldo@uniquindio.edu.co

experience. The breathing index, influenced by vacuum impregnation using isotonic solutions in fruits, is regarded as a technological procedure that favors average life of fruits. This study analyzed the change of  $\text{CO}_2$  in samples of apple, strawberry, peach, and watermelon both not treated and treated with vacuum impregnation using isotonic solutions at 5 -10 °C. In order to take gas samples, the experiment was carried out in a hermetic container connected to an automatic sampling system in a gas chromatograph. Samples were taken each 5 minutes during 2 hours, which was the estimated period for reaching atmosphere equilibrium. Results showed that vacuum impregnation reduces the breathing index in barely processed fruits up to 50%, depending on the kind of fruit that is being handled.

**Keywords:** breathing index, vacuum impregnation, fruits, barely-processed, gas chromatography.

## INTRODUCCIÓN

Los hábitos alimentarios se han modificado en los últimos años, con el ánimo de satisfacer las necesidades del consumidor. En este sentido la fruta fresca como postre se ha cambiado por yogur, flan, gelatina, torta, helado. Sin embargo, el consumidor busca productos que le ofrezcan un incremento en la nutrición, como vitaminas, energía, fibra de origen natural, por lo que hoy la industria alimentaria diseña nuevos productos que resulten atractivos y a la vez cómodos para el consumo (1).

Las frutas mínimamente procesadas (MP) son una alternativa a la oferta de la industria, ya que sólo se les realizan operaciones de pelado, cortado y envasado; pero para alcanzar unos buenos resultados hay que tener presente la respiración, como una variable condicionante de la vida media de las frutas enteras y de las MP, ya que ella es la responsable de la degradación oxidativa de los productos presentes en la célula, como almidón, azúcares y ácidos orgánicos. El proceso respiratorio puede acelerarse o ralentizarse al variar la temperatura y la concentración de gases ( $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ ) en la cámara donde se almacenan las frutas (2, 3).

La impregnación a vacío (IV) es uno de los tratamientos que se les puede aplicar a las frutas MP para disminuir los niveles de  $\text{O}_2$ , así como un medio para incorporar en la estructura antioxidantes, conservantes, azúcares y ácidos, que pueden mejorar las cualidades organolépticas (4, 5). Esta operación causa una alteración estructural y fisiológica, ocasionada por el intercambio del gas presente en los poros por el líquido externo, lo que afecta los niveles requeridos en la respiración de frutas mínimamente procesadas y, por tanto, influye en la vida útil de los productos (4). Este intercambio ocurre al sumergir el producto en la fase líquida para someterlo a baja presión y así expandir el gas para que salga, y luego,

al restituir la presión atmosférica, el producto se comprime favoreciendo la penetración del líquido exterior en los poros (6, 7).

La conservación de frutas en envases con atmósferas modificadas se presenta como una tecnología muy importante en la reducción de pérdidas y en el mantenimiento de la calidad. Las bajas temperaturas, las altas humedades relativas, la baja concentración de  $\text{O}_2$  y la alta concentración de  $\text{CO}_2$ , son factores que reducen la respiración de la fruta y los cambios fisiológicos como la oxidación, ayudando a prolongar su vida de almacenamiento (2, 8, 9, 10,11). Las mezclas de gases en forma inadecuada pueden causar daño en el producto almacenado, porque no siempre son reguladas con precisión (12).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de manzana, fresa, melocotón y sandía mínimamente procesadas a temperaturas de 5 y 10°C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materias primas

Las frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) fueron adquiridas en el mercado local. Cada lote se dividió en 4 grupos, necesarios para los análisis de las frutas cortadas y de las impregnadas. Con el fin de minimizar los efectos de variabilidad de la materia prima, se seleccionaron muestras para medir la respiración de trozos de fruta fresca y de fruta IV; una parte de la fruta fue introducida en la cámara de respiración y la otra sometida a IV, manteniendo la temperatura constante (5 y 10°C) durante los análisis (~2 h). La geometría de las muestras varió de acuerdo a cada fruta; para el estudio de manzana se emplearon rodajas de 5 cm de diámetro y 0,1 cm

de altura (láminas); para fresas y melocotones se utilizaron mitades de 1,5 y 4 cm respectivamente (semiesferas) y para las sandías, trozos de 1 x 2 x 2 cm (cubos).

Los lotes de fruta se caracterizaron en grados Brix, por refractometría (Abbe Atago termostataado a 20°C); actividad de agua ( $a_w$ ) por higrometría de punto de rocío ("Decagón", modelo CX-2) y humedad por el método 20.013 del AOAC (13). Además, se midió la densidad aparente de las muestras mediante desplazamiento de volumen, por medio de picnometría. La masa se registró antes y después de cada operación.

### Impregnación a vacío

La IV se realizó con una solución isotónica de glucosa correspondiente a los Brix de cada fruta (manzana 12,7 °Brix, fresas 9,3 °Brix, melocotón 14,6 °Brix y sandía 9,2 °Brix). Las muestras se sometieron a un pulso de vacío de 10 minutos, con una presión de 50mbar. Al final de la IV se restableció la presión atmosférica y se mantuvieron las muestras sumergidas en la solución durante 10 minutos.

### Medidas del índice respiratorio

Las frutas frescas e impregnadas a vacío (200 g de cada una) se introdujeron durante 2 h en una cámara hermética de 1,5 l; cada 5 minutos se determinó la concentración de gas de CO<sub>2</sub> de la cámara mediante un analizador de gases (Agilent, M200). Para controlar la temperatura (5 o 10°C) se instaló la cámara dentro de una cabina con control de temperatura. Al graficar las lecturas de las concentraciones de CO<sub>2</sub> frente al tiempo, se obtuvieron rectas, y a partir de la pendiente ( $\alpha$ ) se estimó el índice respiratorio mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$IR = \frac{36000 \times \alpha \times \nabla}{M} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{[(\nabla_i)_t - (\nabla_i)_0] \times 100}{t_f - t_0} \quad (2)$$

IR: Índice respiratorio (ml CO<sub>2</sub>/kg h).

$\alpha$ : Pendiente de la variación de la fracción volumétrica en % de CO<sub>2</sub> frente al tiempo (s)

$\nabla_i$ : Fracción volumétrica de CO<sub>2</sub> con la muestra (l)

$\nabla$ : Volumen del espacio de cabeza de la cámara (l)

M: Masa de fruta (kg)

( $t_f - t_0$ ): Intervalo de la respiración (s).

Se analizó el IR en relación al efecto causado por la IV y la temperatura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las frutas

Los resultados de los análisis realizados a las frutas se presentan en la tabla 1, donde se muestra que la composición varió en función de los grados Brix y de la fracción másica de solutos ( $x_{ss}$ ), siendo más representativa en el melocotón, seguido de la manzana, la fresa y por último la sandía; en cuanto a la humedad ( $x_w$ ), el mayor valor se encontró en la sandía, seguido de lejos por el resto de las frutas; En el análisis de la porosidad, la manzana presentó el mayor valor, seguido en su orden por la fresa, la sandía y el melocotón, y con respecto a la densidad, ésta fue superior en el melocotón, lo que demuestra que los trozos de fruta fresca estudiados presentan una variación en el contenido de azúcares y en el grado de compactación celular.

**Tabla 1.** Características físico-químicas y respuesta de las frutas a la IV

| FRUTA     | $a_w$         | °Brix      | $x_w$       | $x_{ss}$ | $\rho_{aparente}$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho_{real}^1$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | $\varepsilon^2$ | $x_i^3$       | $X^4$        |
|-----------|---------------|------------|-------------|----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Manzana   | 0,978 ± 0,002 | 12,7 ± 0,5 | 0,86 ± 0,03 | 0,12     | 840 ± 21                                  | 1054,8                                  | 2               | 0,154 ± 0,029 | 0,2 ± 0,09   |
| Fresa     | 0,986 ± 0,001 | 9,3 ± 0,8  | 0,83 ± 0,02 | 0,093    | 939 ± 11                                  | 1067,3                                  | 1,2             | 0,04 ± 0,006  | 0,12 ± 0,005 |
| Melocotón | 0,988 ± 0,003 | 14,6 ± 0,3 | 0,86 ± 0,01 | 0,151    | 1049 ± 11                                 | 1054,8                                  | 1               | 0,006 ± 0,002 | 0,01 ± 0,002 |
| Sandía    | 0,998 ± 0,004 | 9,2 ± 0,7  | 0,89 ± 0,07 | 0,082    | 992 ± 21                                  | 1042,6                                  | 0,5             | 0,04 ± 0,011  | 0,05 ± 0,001 |

1  $\rho_{real}$  calculada a partir de:  $\rho_r = \frac{1}{\frac{1-x}{1590} + \frac{x}{1000}}$

2  $\varepsilon$ : Porosidad:  $\varepsilon = (\rho_r - \rho_a)/\rho_r$

3  $x_i$ : Fracción másica de la solución isotónica en la fruta impregnada

4  $X$ : Fracción volumétrica de la muestra inicial impregnada con la solución isotónica, calculada por cambios de masa.

### Efecto de la IV

Durante la IV las frutas presentaron diferencias significativas en ganancia de masa, pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles, como respuesta a las diferencias en su porosidad y estructura y al mecanismo hidrodinámico, por los cambios de presión (4). Las frutas con mayor porosidad presentaron una mayor ganancia de solución durante el pulso a vacío. No obstante, la fracción volumétrica de líquido impregnado fue menor que el valor calculado a partir de la porosidad estimada, determinada mediante la ecuación 3. Esto se explica por la contracción del volumen de la muestra al restaurar la presión atmosférica (5, 6). En los resultados experimentales se observa un bajo nivel de impregnación en la fresa, por lo que se espera una mayor deformación de su volumen por la acción del pulso a vacío.

$$X = \varepsilon \left( 1 - \frac{1}{r} \right) \quad (3)$$

### IR en el troceado y la IV de las frutas

La tabla 2 presenta el índice de respiración (ml CO<sub>2</sub>/kg h) para las distintas frutas cortadas, y cortadas e IV con solución isotónica a 5 y 10°C. Se observa que la manzana y la sandía tuvieron el menor IR, tanto a 5°C como a 10°C, con valores consistentes entre ambos tratamientos. El melocotón mostró un IR intermedio, mientras que la fresa fue la fruta con mayor IR, ambas en forma descendente proporcional a la temperatura. Esta respuesta se debe probablemente a la condición climática de cada una de las frutas; además, al comparar los resultados obtenidos con los reportados por otros autores (14, 15, 16 y 17) se observa que el IR se incrementa al cortar las frutas (tablas 2 y 3), ya que el incremento de la respiración está asociado al estrés celular ocasionado por los cortes causados en las operaciones de proceso, debido a las alteraciones fisiológicas que se presentan en el ciclo de la respiración (18) y al aumento del área de contacto celular de las frutas troceadas con la atmósfera, lo que acelera el intercambio gaseoso.

**Tabla 2.** Índices respiratorios de las frutas cortadas a 5 y 10°C, con o sin IV

| Fruta     | T=10 °C                       |                               | T=5 °C                        |                               |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | Frutas troceadas              | Fruta troceada IV             | Frutas troceadas              | Fruta troceada IV             |
|           | IR ( ml CO <sub>2</sub> /kgh) | IR ( ml CO <sub>2</sub> /kgh) | IR ( ml CO <sub>2</sub> /kgh) | IR ( ml CO <sub>2</sub> /kgh) |
| Manzana   | 20,1 ± 3                      | 9,4 ± 1                       | 11,6 ± 4                      | 5,6 ± 1                       |
| Fresa     | 40,2 ± 5                      | 35,1 ± 3                      | 24,7 ± 8                      | 20,2 ± 4                      |
| Melocotón | 31,4 ± 4                      | 24,2 ± 1                      | 21,6 ± 3                      | 14,7 ± 3                      |
| Sandía    | 17,5 ± 5                      | 7,9 ± 2                       | 12,4 ± 0,4                    | 5,4 ± 0,1                     |

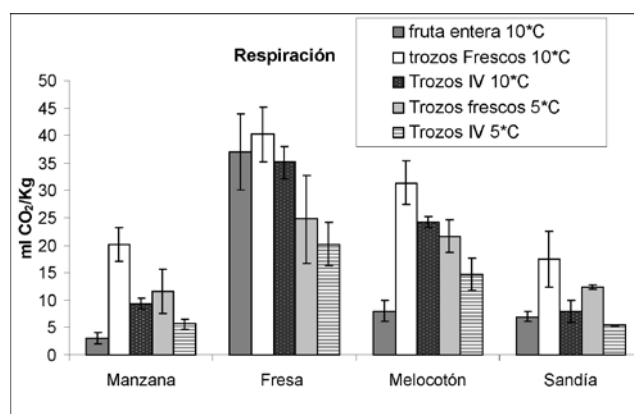
**Tabla 3.** IR de las frutas enteras

| IR de frutas enteras (ml CO <sub>2</sub> /kg h) |           |        |         |
|-------------------------------------------------|-----------|--------|---------|
| Temperatura / Fruta                             | 1 °C      | 10°C   | 20°C    |
| Manzana                                         | 3,5 ± 0,4 | 3 ± 1  |         |
| Fresa                                           | 8,5 ± 0,7 | 37 ± 7 | 85 ± 15 |
| Melocotón                                       | 4,0 ± 0,9 | 8 ± 2  | 22 ± 8  |
| Sandía                                          | 3,9 ± 0,6 | 7 ± 1  | 22 ± 11 |

Tomado: Suslow, 2000; y Crisosto *et al.*, 2000.

El análisis estadístico, con un nivel de significancia superior al 95%, mostró en todas las frutas estudiadas, con y sin IV, un incremento en el IR del orden de 1,6 veces al pasar de 5 a 10°C. Al incrementar la temperatura, la respiración aumenta, como ocurre en la mayoría de las reacciones metabólicas.

Los gráficos de medias con las desviaciones estándar (SD) se aprecian en la figura 1 y presentan las frutas que fueron impregnadas con un IR menor, con un efecto en la mayoría de los casos, muy significativo ( $\alpha < 0,05$ ); la manzana y la sandía IV redujeron a la mitad el valor del IR, el melocotón muestra que el IR sin IV fue de 1,4 veces más que el obtenido con IV y la fresa no mostró diferencias.



**Figura 1.** Gráfico de medias con SD para el IR en función de la IV y la temperatura

La IV causa un estrés adicional en el tejido incrementando el IR, pero debido a la sustitución del gas por líquido en los poros del tejido, se da un efecto limitante en el intercambio gaseoso. Bajo este principio, la IV representa una barrera a la respiración, del mismo modo que la aplicación de recubrimientos comestibles (18 y 19). El poco efecto causado en la fresa podría deberse a la elevada actividad metabólica y a los daños producidos por la compresión de su volumen durante el pulso de vacío.

## CONCLUSIONES

Las frutas cortadas sometidas a tratamiento de IV con soluciones isotónicas presentan un IR mayor que las frutas enteras, pero alcanzan una disminución considerable en el IR, al compararlas con los trozos de fruta no impregnados, lo que permite considerar esta tecnología como alternativa para

incrementar la vida útil de las frutas mínimamente procesadas, debido a la disminución del metabolismo respiratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Giraldo G; Talens P, Chiralt A. Equilibrio osmótico del mango (*Mangifera indica*) en la deshidratación. *Vitae* 2004;11(2):18-8
- Barat JM, Fito P, Chiralt A. Effect of osmotic solution concentration temperature and vacuum impregnation pre-treatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices. *Food science and technology international* 2001;5(7):451-6.
- Wills RH, Lee TH, McGlasson WB, Hall EG, Graham D. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas. Posrecolección Zaragoza: Acribia 1984.
- Giraldo GA. Conservación de frutas por un método combinado. *Revista de Investigaciones* 2004;1(14):121-8.
- Barbosa G, Usha P, Palau E, Swanson B. Conservación no térmica de alimentos. Zaragoza: Acribia 2000.
- Fito P, Andrés A, Chiralt A, Pardo P. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *Journal of Food Engineering* 1996;27:229-240
- Giraldo G, Duque A, Mejía C. La deshidratación osmótica como pretratamiento en la conservación de mora (*Rubus glaucus*) y uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Vitae* 2005;12(1):15-7.
- Beaudry R. Response of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of MAP. *Hortotechnology* 2000;10:491-9.
- Fonseca SC, Oliveira FRA, Brecht JK. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. A review. *Journal of Food Engineering* 2002;(52):99-20.
- Alzamora SM, Fito P, López-Malo A, Tapia S, Parada-Arias E, editores. Minimally processed fruits and vegetables, fundamental aspects and applications. Gaithersburg: Aspen 2000;17:293-312.
- Salvador M., Jaime P, Oria R. Modelling of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> exchange dynamics in modified atmosphere packaging of Burlat cherries. *Journal of Food Science* 2002;62(1):231-4.
- Watkins CB. Response of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *Hortotechnology* 2000;10(3):501-5.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analysis. Washington 1980.
- Suslow TV. Recommendation for maintaining mostharvest quality. California: Department of Vegetable Crops, University of California; 2000 <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Produce-Facts/Fruit/watermelon.html>
- Crisosto C, Mitcham E, Kader A. Recommendation for maintaining postharvest quality. California: Department of Vegetable Crops, University of California 2000.
- Mitcham EJ, Crisosto CH, Kader AA. Recommendation for maintaining postharvest quality. California: Department of Vegetable Crops, University of California 2000.
- Cisneros-Zevallos L, Saltveit M, Krochta J. Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. *Journal of Food Science* 1997;(62):363-3.
- Baldwin E, Nisperos-Carriedo M, Baker R. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 1995;30(1):35-3.
- Brecht J, Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Colloquium HortScience* 1995;30(1):18-4.