

Efectos de la temperatura de almacenamiento sobre algunos índices de madurez en frutos de manzana *Malus doméstica* borkh. var. anna.

¹ Nestor Riaño C.

² Manuel Aristizábal L.

La manzana pertenece al grupo de frutos climatéricos, cuya principal característica es un aumento notable en la actividad respiratoria a partir de la madurez fisiológica hasta la madurez organoléptica o de consumo (Wills, et al,1992); no obstante, Buitrago (1992) considera que la fase climatérica no es muy intensa, lo que hace que el fruto no sea muy perecedero. Por su parte, Saucedo (1995) estima que las características físico-químicas del fruto de la manzana variedad Anna, le confiere un bajo potencial de almacenamiento.

Desde el momento de madurez fisiológica hasta la madurez organoléptica, los frutos experimentan cambios físicos y químicos que determinan su calidad para el consumo. En general, ocurren aumentos en el contenido de azúcares, sólidos solubles y pectinas solubles (Buitrago, 1991) y disminuciones en los niveles de almidón (Moore1992), en la acidez (Buitrago, 1991) Y, particularmente, en la firmeza o consistencia del fruto (Fisher, 1.993; Garriz, et al., 1995). De esta manera, el fruto va desarrollando todas sus características organolépticas, de sabor, color, aroma y textura apropiadas para su consumo (Wills et al., 1992).

Después de que ocurre la fase climatérica de la respiración del fruto, se presenta un proceso de envejecimiento natural al que están ligados varios procesos degenerativos irreversibles (Moore, 1992) , siendo el más característico una caída en la actividad respiratoria (Wills et al., 1992). En consecuencia, se puede afirmar que el tiempo transcurrido desde la madurez fisiológica hasta la madurez organoléptica, es una buena medida del potencial de almacenamiento del fruto, este, a su vez, depende de varios factores, entre los cuales se destacan la variedad (Buitago, 1991; Zurita,1995), la época de cosecha (Lovasz, et al.,1993), el suministro de agua al cultivo durante la formación del fruto(Díaz,1993), el contenido de calcio en el fruto (Fallahí,Righetti y Richardson, 1995), el manejo de postcosecha (Wills et al., 1992), algunos tratamientos antes del almacenamiento(Campos, 1991; Blanke, 1995) y las condiciones de almacenamiento (Kader, 1995).

Durante el almacenamiento de los frutos ocurren diversos cambios de distinta naturaleza, los cuales pueden ser evaluados mediante varios parámetros, entre los cuales se destacan la actividad respiratoria (Andrich, et al., 1991), la firmeza (Ingle y Morris, 1991), los sólidos solubles (Lidster, 1990), la acidez (Zass, et al., 1993) , el pH (Lovasz, et al., 1993) y el peso de los frutos (Lidster, 1990).

¹ Docente Universidad de Caldas. Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

² Profesor titular. Director laboratorio proyecto Caducifolios. Universidad de Caldas. Facultad Ciencias Agropecuarias. Programa de Agronomía. A.A. 275 Manizales.

El aumento en los volúmenes de manzana en Colombia, ya sea porque se mejore el rendimiento de los cultivos actuales, porque algunos cultivos entren en su etapa de producción o porque se incorporen nuevas áreas a dicho cultivo, sumado a las características del mercadeo de la fruta, está generando la necesidad de que el almacenamiento se constituya en un paso obligado en el manejo de postcosecha. Desafortunadamente, en nuestro medio no se cuenta con información generada experimentalmente en torno al comportamiento del fruto del manzano variedad Anna durante el almacenamiento; razón por la cual se llevó a cabo el presente estudio con fin de:

a) Establecer el tiempo requerido para que el fruto alcance su madurez organoléptica en distintas condiciones de almacenamiento. b) Conocer las variaciones en algunos índices de madurez durante la maduración del fruto.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de biotecnología del proyecto caducifolios, ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas.

Se emplearon frutos provenientes de un cultivo de manzano variedad Anna sobre patrón Franco, de cuatro años de edad, plantado a 4.0 x 2.5 m en la finca Frutiflorida, municipio de Villarraría (Caldas), ubicada a 5° 4' latitud norte y 75° 28' longitud occidental y a una altitud de 2130 msnm.

Los frutos fueron cosechados en estado de madurez fisiológica y a todos se les eliminó el pedúnculo antes de almacenarlos a 20°C y 63% H.R. para el almacenamiento ambiental y 6.2°C y 62% H.R. para el almacenamiento refrigerado. A partir del inicio del almacenamiento y hasta un período de 35 días para el primero y de 84 días para el segundo, se hicieron lecturas periódicas de los siguientes índices de madurez.

Tasa respiratoria, para lo cual los frutos se mantuvieron a temperatura ambiente durante una hora antes de colocarlos en la cámara portafrutas, consistente en frascos de vidrio con tapa metálica, herméticamente sellada, en la cual se colocaron tubos de vidrio con entrada y salida de aire, sellados con silicona.

Mediante una bomba de acuario se suministró aire a la cámara portafrutas, el cual se pasó previamente a través de un frasco lavador de gases con una solución de KOH 1N para retener el CO₂. El aire proveniente de la respiración de los frutos se recolectó en un tubo de Petenkoffer que contenía 20 ml de Ba(OH)₂ 0.1N. La valoración del CO₂ se hizo volumétricamente, por retroceso, después de un tiempo de respiración de 30 a 60 minutos, para ello se tomó una alícuota de 5 ml y se valoró con ácido oxálico 0.1N, después de valorar un blanco con Ba(OH)₂. La cantidad de CO₂ respirado se expresó en mg de CO₂.Kg⁻¹.Hr⁻¹, calculados mediante la ecuación:

$$I.R = \frac{(V_b - V) \times N \times 22 \text{ mg CO}_2 / \text{meq.} \times 4}{P_m \times H_r}$$

en donde:

Vb: Volumen de ácido málico gastado en la valoración del blanco

V: Volumen de ácido málico gastado en la valoración de la muestra

N: Normalidad exacta del ácido oxálico

4: Factor de dilución del volumen de $Bn(OH)_2$ colocado en el tubo de Ptenfoffer a volumen de la alícuota valorada

Pm: Peso de la muestra de fruta.

Hr: Tiempo en horas de respiración de la muestra.

Para medir la acidez se pesaron 5 g de jugo y se valoraron en una solución con NaOH 0.1N hasta un pH de 8.2. El valor de la acidez titulable se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez} = \frac{V \times N \times 0.07 \text{ g de ácido cítrico/meq.}}{Pm} \times 100,$$

en donde:

V: Volumen de NaOH empleado en la valoración

N: Normalidad del NaOH

Pm: Peso de la muestra

Con el jugo obtenido se midió también el pH, mediante un medidor marca Hanna, los grados Brix se determinaron mediante un refractómetro marca Sprzet PR-12 y la firmeza mediante un penetrómetro marca Bertuzzi FT-327. El peso de los frutos se determinó con una balanza analítica marca Ohaus.

Con los valores obtenidos para cada condición de almacenamiento a través del tiempo se realizaron análisis de regresión simple, considerando el tiempo como la variable independiente. Mediante el paquete estadístico PCStats se construyeron las líneas de mejor ajuste para cada uno de los modelos matemáticos obtenidos

Resultados

La dinámica de la actividad respiratoria de los frutos a través del tiempo siguió un patrón similar en ambos tipos de almacenamiento: Un aumento progresivo durante los primeros días hasta alcanzar un valor máximo, seguido de una declinación hasta una tasa respiratoria determinada y finalmente un nuevo incremento (Figuras 1 y 2). Los incrementos y declinaciones en la actividad respiratoria de los frutos fueron más pronunciados en el almacenamiento ambiental que en el refrigerado, excepto el incremento final que fue ligeramente más pronunciado en este último.

Las variaciones en la tasa respiratoria a través del tiempo se ajustaron a modelos polinomiales de cuarto y tercer grado, para almacenamiento ambiental y refrigerado,

respectivamente; pero el ajuste fue mucho mayor para el primero ($R_2 = 0.9086^{**}$).

El primer incremento en la tasa respiratoria durante el almacenamiento refrigerado, alcanzó un valor máximo cercano a $57 \text{ mg de CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ a los 11 días; mientras que en almacenamiento refrigerado dicho valor estuvo cercano a $42 \text{ mg de CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$, y se alcanzó a los 21 días.

En los frutos almacenados al ambiente se presentó un nuevo incremento en la actividad respiratoria a partir de los 26 días, mientras que en los frutos mantenidos en refrigerador el mismo fenómeno ocurrió a partir de los 67 días.

El peso de los frutos disminuyó con el transcurrir del tiempo: Según un modelo cuadrático inverso en el almacenamiento ambiental y lineal inverso en el refrigerado (Figuras 3 y 4). Las pérdidas de peso fueron ligeramente superiores en frutos mantenidos en refrigeración que al ambiente. A los 11 y 26 días las pérdidas de peso en el almacenamiento refrigerado eran de 3 y 12%, respectivamente; mientras que en almacenamiento refrigerado las pérdidas de peso a los 21 y 67 días fueron de 5.4 y 13.4% (Figuras 3 y 4).

En los dos tipos de almacenamiento los cambios en la firmeza a través del tiempo se ajustaron con altos coeficientes de determinación a un modelo cuadrático inverso, comenzando con valores ligeramente por encima de 8 Kg-fuerza, hasta llegar a firmezas alrededor de 3 Kg-fuerza al final del período de almacenamiento; no obstante, esta variación requirió 35 días en el almacenamiento ambiental y 84 días en el refrigerado. En ambos casos, los valores de firmeza tendieron a estabilizarse hacia el final del período de almacenamiento (Figuras 5 y 6).

Los sólidos solubles, en términos de grados Brix, no mostraron una tendencia definida durante el almacenamiento ambiental, con valores que oscilaron entre 12.2 y 13.2 grados (Figura 7). En cambio, en el almacenamiento refrigerado mostraron una tendencia cuadrática positiva hasta alcanzar valores máximos de 13.5 grados a los 60 días de almacenamiento (Figura 8).

La acidez, en términos de porcentaje de ácido málico, disminuyó con el tiempo en ambos tipos de almacenamiento, siguiendo una tendencia cuadrática en el almacenamiento ambiental y lineal en el almacenamiento refrigerado, en ambos casos con coeficientes de determinación por encima 0.9 (Figuras 9 y 10). Al final de cada período de almacenamiento fué mayor la pérdida de la acidez en el almacenamiento ambiental que en el refrigerado.

El pH del jugo de los frutos aumentó linealmente con el tiempo en ambos tipos de almacenamiento, aunque con un mayor ajuste en el almacenamiento ambiental que el refrigerado (Figuras 11 y 1.2), pero sin que se presentaran notables diferencias en los valores alcanzados a través del tiempo.

Discusión

La actividad respiratoria de los frutos fue más rápida y pronunciada en frutos almacenados

al ambiente que en aquellos mantenidos en refrigeración, lo cual se debe principalmente a las diferencias en temperatura (20 y 6.3°C, respectivamente) , ya que ella es determinante en el curso de la actividad respiratoria de los tejidos (Bidwell, 1989).

Dado que los frutos fueron cosechados en madurez fisiológica, se presume que el primer incremento en la actividad durante el almacenamiento, corresponde a la respiración climiaterica (Wills, et al. 1992) , que es cuando el fruto alcanza sus mayores características de color, aroma y sabor (Moore, 1,992) .También debido al efecto de la temperatura, dicho estado se alcanzó más rápidamente en los frutos almacenados a 20°C (11 días) que en aquellos mantenidos a 63°C (21 días) (Figuras 1 y 2) .

El deterioro de los frutos se hizo evidente a partir de los 26 días en almacenamiento al ambiente y de los 60 días en almacenamiento refrigerado, presentándose un nuevo incremento en la respiración debido probablemente a la actividad metabólica de los microorganismo presentes. En ambos casos el desarrollo de la senescencia estuvo acompañado por pérdida de brillantez en el color, aparición de rugosidades y por una disminución en la respiración.

La pérdida de peso a través del tiempo que puede ser atribuido a los gastos respiratorios y a la deshidratación de los frutos fue continua a través del tiempo y concuerda con lo establecido por (Scott y Roberts, 1968) en otras variedades de manzana. Según (Lidster, 1990) los frutos pierden peso en todas las humedades relativas, pero la tasa de pérdida es mayor cuando la humedad en el ambiente es más baja. En el mismo sentido, Wilkinson (1965) estimó tasas de pérdida de peso de 0.6 y 0.25 g sern⁻¹ en frutos de manzana almacenados respectivamente a humedades relativas de 80 y 90%, a una temperatura de 3°C. En nuestro caso la tasa promedio de pérdida de peso fue de 0.25 g.día⁻¹ para el almacenamiento refrigerado y de 0.58 g. día⁻¹ para el ambiental, pero como la diferencia en humedad relativa fue apenas de 1% (62 y 63%, respectivamente), es presumible que la diferencia en la tasa de perdida de peso se deba principalmente al efecto de la temperatura (20 y 6.3°C, respectivamente) sobre los gastos respiratorios. Es interesante anotar que cuando los frutos alcanzaron su madurez organolpética habían perdido 2.7% de su peso en almacenamiento en ambiente y 5.4% en almacenamiento refrigerado, lo cual es comprensible si se tiene en cuenta que en el primer caso habían transcurrido 11 días y en el segundo 21 días.

La perdida de firmeza de los frutos mostró una tendencia similar a la reportada por otros autores (Sass et al. 1993), la cual fue continua casi al final del almacenamiento, cuando alcanzó valores estables en los dos ambientes estudiados (Figuras 5 y 6). Este comportamiento se debe a los cambios que los frutos experimentan durante los procesos de maduración y senescencia, siendo la hidrólisis de los materiales de reserva y el ablandamiento de los tejidos dos de los más importantes (Fisher, 1993). La estabilización en los valores de firmeza al final del almacenamiento, se debe a que para esa época la consistencia era tan baja que el penetrómetro no alcanzaba a detectar diferencias entre lecturas sucesivas.

Los valores de grados Brix reflejan la concentración de sólidos solubles en el fruto; los que a su vez resultan de la hidrólisis de almidones (Fisher, 1993). La tendencia general es que los

grados Brix aumenten conforme el fruto avanse en su maduración, comportamiento éste que fué claro en los frutos almacenados a baja temperatura, pero no fue en los almacenados al ambiente (20°C); en estos últimos, el proceso de maduración ocurrió rápidamente, lo que seguramente explica porqué las variaciones en los grados Brix no mostraron una tendencia definida.

Las variaciones en el pH y la acidez (% de ácido málico) mostraron tendencias similares a las reportadas por otros autores (Wills et al. 1992; Sass et al. 1993) en otras variedades de manzano.

Los resultados del presente estudio confirman la idea de que la manzana Anna tiene un bajo potencial de almacenamiento (Díaz, 1.993; Saucedo y Corrales, 1987); no obstante, que las bajas temperaturas durante el almacenamiento y algunos tratamientos a base de calcio (Sams y Conway, 1985) contribuyen a incrementar dicho potencial.

Considerando las tendencias en las variaciones de acidez (% de ácido málico), grados Brjx y pérdida de peso, los resultados coinciden con la idea de que las ecuaciones de predicción para distintos parámetros a través del tiempo, varían con el tipo de almacenamiento, lo cual permite inferir que para cada variedad y en cada tipo de almacenamiento, se debe establecer la variación de cada parámetro de madurez.

Bibliografía

- ANDRICH, G. , FLORENTINI, R., TUCI, A. , ZINNAI, A. and SOMMORIGO, G. 1991. A tentative model to describe the respiration of stored apples. In J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(3): 478-481.
- BLANKE, M.M. 1995. Regulation of respiration in apple, avocado an citrus orange fruit. In: Acta Horticulturae 398:139-146.
- BUITRAGO, M.A. 1991. Manejo de Manzanas en Cosecha y postcosecha, Proyecto Micropropagación de Manzano. En: Revista Universidad UPTC. Corporación Andina de Fomento CAF. Tunja.
- CAMPOS, E. TARMIN de J. 1991. Encerado en Manzanas. Micropropagación de Manzano. En: Revista Universidad UPTC. Corporación Andina de Fomento CAF. Tunja.
- DIAZ, M.D. 1993. Calidad de Fruto, Indices de Corte Manejo de Postcosecha de la Manzana. En: Primer Simposio Internacional sobre el Manzano Memorias pp. 130-136. Ed. Manigraf, Manizales.
- FALLAHI, E., T.L. RIGHETI AND D.G. RICHARDSON. 1985. Prediction of storability by preharvest fruit and leaf mineral analyses in Stark-spur Golden Delicious apple. En: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(4): 524-527.
- FISIHER, G. Fisiología y manejo en pre y post-cosecha. En: Sarmiento, S.A. y Naranjo, O.C. (Comp.) Frutales Caducifolios. pp. 97-117. Ed. Presencia, Bogotá, 1993.
- GARRIZ, P. I. , ALVAREZ, H.L. y BARTUSCH, A. M. 1995. Cambios morfológicos, químicos y físicos en la maduración de frutos de manzano (Red Delicious) . En: Turrialba 45 (3-4) : 101-106.
- INGLE, M. and MORRIS, J.C. 3.989. Predicting firmness changes of 'Rome' apples in refrigerated storage. En: J. Arrier. Soc. Hort. Sci. 114(1): 90-94.
- KADER, A.A. 1995. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. En: Acta Horticulturae 398: 59-70.
- LIDSTER, P.D. 1990. Storage. humidity influences fruit quality and permeability to ethane in 'McIntosh' apples stored in diverse controlled atmospheres. En: J. Amer. Soc. Hort. Sci 115 (1) -.94-96.
- LOVASZ, T., MERESZ, P., SALGO, A. and SASS, P. 1993. Physical methods for detection of physiological changes in apples during storage. En: Acta Horticulturae. 343:59-60.
- MORRIS I., D'SOUZA M.C. 1989. Fruit characteristics of "Red Delicious" apple strains during maturation and storage. En: J. Am. Soc. Hort.. Sci. 114 (5): 776-780.
- SANS, C. E. and COMWAY, W.S. 1985. Effects of Controlled atmophere and calcium infiltrat.ion on decay of "Delicious" apple. En: Plant. Disease. 69:747-750.
- SASS, P., MERESZ, P., LOVASZ T. and MOLNAR-PERL, I. 1993. Effect of the Picking date on the apple storage quality. En: Acta Horticulturae. 343:61-62.
- SCOTT, K.J. and ROBERTS, E.A. 1967. Breakdown in Jonathan and Delicious apples in relation to weight loss during cool storage En: J. Expt Agr. and Anim. Husb. 8:377-379.
- WILKINSON, B.G. 1965. Some effects of storage during difieren conditions of humidity on the physical properties of apples. En: J. Hort. Sci, 40:58-65.