

Validación de un método de cálculo del volumen en fruto de melón mediante dimensiones obtenidas de análisis de imagen

Noelia Dos-Santos y Juan Pablo Fernández-Trujillo

Equipo Multidisciplinar de Investigación en Calidad Postcosecha Orientada a Mejora Genética y Biotecnología

Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Paseo Alfonso XIII, 48.

ETSIA e Instituto de Biotecnología Vegetal.30203. Cartagena (Murcia).

Dpto. Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Teléfono: 968 325436. E-mail: juanp.fdez@upct.es

Resumen. *La determinación del volumen del melón tiene numerosas aplicaciones en investigación y desarrollo, y en especial en calidad orientada a la mejora de la calidad del fruto. Se ha intentado a partir de parámetros morfológicos evaluados en una colección de líneas casi-isogénicas de melón estimar su volumen mediante la fórmula desarrollada por Lester et al. (1994) para otras variedades. Aunque en algunas líneas la fórmula presentó una correlación alta, en general no es aplicable a frutos del tipo "Piel de sapo" debido a que tiene una forma más alargada o/y ovoide o elipsoidal.*

1. Introducción

El volumen del fruto de melón se necesita determinar habitualmente para determinar su tasa respiratoria, producción de etileno y emisión aromática por métodos estáticos [1]. También es un parámetro importante en el diseño de nuevas variedades, ya que está muy relacionado con el peso del fruto, especialmente dentro de un mismo cultivar. El volumen del fruto también es un dato necesario en estudios en los cuales se estiman sólidos solubles u otros parámetros de composición, especialmente para el caso de análisis no destructivos [2].

Hasta el presente se han desarrollado diferentes métodos en especies de cucurbitáceas para estimar su volumen. En sandía se han desarrollado métodos para medir el volumen mediante desplazamiento de agua, aproximaciones con elipsoides, e análisis de imagen, con buenos resultados en este último caso [3].

El melón presenta una gran diversidad en formas y tamaños y en él se han determinado numerosos loci de caracteres cuantitativos como el peso, tamaño o la forma del fruto [4]. La colección de líneas casi-isogénicas de melón (NILs) [5, 6, 7] presenta una gran variedad de formas, tamaños y pesos, lo que constituye un material vegetal excelente para estudios relacionados con estos y otros caracteres de calidad, así como el mapeado de poligenes o quantitative trait loci -QTLs- [8, 9].

En el presente trabajo se correlacionan los valores de volumen obtenidos mediante el método de desplazamiento de agua [8, 9] con los obtenidos mediante una fórmula empírica desarrollada para otros cultivares de melón por Lester et al. [10].

2. Material y Métodos

2.1. Material Vegetal

Los frutos procedieron de la colección de líneas casi isogénicas de melón ó NILs (27 líneas) obtenidas a partir de dos parentales: un parental del cultivar de *Cucumis melo* L. tipo Piel de sapo (PS) y el cultivar coreano *Shongwan charmi* PI 161375 (SC) [6].

2.2. Manejo del Cultivo y Diseño Experimental

Los frutos se cultivaron en Torre Pacheco (Murcia). De las NILs con 1 planta por réplica y 10 réplicas por planta se recolectaron 2 frutos por réplica. Del parental PS se plantaron 50 réplicas de una planta cada una y se recolectaron también 2 frutos por réplica en un diseño experimental previamente descrito [9]. Los frutos se trasladaron al laboratorio para la medida de parámetros morfológicos y fotografía digital.

2.3. Parámetros Morfológicos

Se midió el calibre ecuatorial y longitudinal del fruto así como otros parámetros descritos en Obando et al. [9]. También se determinó el volumen del fruto a partir del método de desplazamiento de agua [9]. Se calculó el volumen en cm^3 dividiendo el peso (kg) entre la densidad del fruto (kg/m^3) estimado mediante desplazamiento de agua según lo descrito por Fernández-Trujillo et al. [7], y multiplicando por 1000 como factor de conversión (m^3/cm^3). Los frutos se fotografiaron con una cámara digital y un sistema de iluminación digital según Fernández-Trujillo et al. [11].

2.4. Cálculo del Volumen del Fruto Mediante Modelos y Experimentación

A partir de estos datos se estimó el volumen del fruto mediante la fórmula de Lester et al. [10] como sigue: $V = [(L / 6.28)^3 \times 4 \cdot 191] + [(D / 6.28)^3 \times 4.19] / 2$, donde L es la longitud del fruto y D el diámetro o calibre ecuatorial (en cm). La fórmula calcula el volumen utilizando el diámetro y perímetro medio de cada réplica calculado mediante análisis de imagen, ambos en cm. También obtenemos el volumen a partir de lo calculado con el perímetro del análisis de imagen (cm) y el diámetro medido realmente.

Se midió también la correlación lineal con Excel mediante el volumen estimado por desplazamiento de agua y por análisis de imagen en las colección de líneas casi-isogénicas de melón ensayadas por Obando et al. [8]

3. Resultados y Discusión

Para la colección de NILs de No se obtuvieron buenas correlaciones ($r^2=0.46$) entre el volumen calculado por desplazamiento de agua y la fórmula propuesta por Lester et al. [10] para ninguno de los dos diámetros propuestos (Fig. 1, datos no mostrados). Las ocho líneas cuyo fruto se mostró significativamente más redondeado que PS según se describe en Eduardo et al. [6] fueron: SC1-3d, SC2-2a, SC3-5ab, SC4-4, SC6-4, SC8-1, SC11-4d y SC12-1ab. Tampoco mejoró significativamente la correlación ($R^2=0.51$) cuando se utilizaron solamente los datos de estas líneas con fruto más redondeado. Sin embargo, los datos de correlación entre volúmenes estimado por desplazamiento de agua y mediante análisis de imagen fueron altos para el análisis individual de las líneas SC3-5ab ($r^2=0.77$) y SC8-1 ($r^2=0.74$).

El motivo puede ser las diferencias en el material vegetal entre el usado por Lester et al. [10] y el que se utiliza aquí que tiene forma ovalada pero más apuntada en los extremos. Los melones estudiados por Lester et al. [10] fueron *Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud y habitualmente son redondeados, y muy probablemente tienen una simetría ecuatorial, pero esto no tiene por qué ser cierto para las NILs porque tienen cierto grado de convexidad o forma ovoide [8, 9]. De hecho, la relación entre el perímetro calculado y el perímetro obtenido multiplicando $\pi \cdot D$ fue la siguiente (en cm): Perímetro (análisis imagen) = $0.79 \cdot (\pi \cdot D) + 2.81$ ($r^2 = 0.61$). Ello quiere decir que el estimado por análisis de imagen fue mayor que el obtenido por la fórmula de la longitud de la circunferencia. Esto indica que las secciones presentaron cierta sección ovoidal o convexidad como ya se sabía [9]. De hecho, existe cierta heterosis en melón resultado de su alargamiento [12].

Existen diferentes aplicaciones para estimar el volumen en cucurbitáceas son numerosas. En frutos

de sandía, Koc [3] ha propuesto el uso de procesado de imágenes para determinar la tasa de desarrollo de la sandía en el campo, para estimar el rendimiento durante la recolección mecanizada (ligada o no a sistemas de posicionamiento global por satélite para evaluar el rendimiento asociado a la productividad del campo de cultivo), estimar el peso de las sandías individuales y para clasificación en los almacenes de manipulación. Otras posibles aplicaciones de la medición con análisis de imagen incluyen la medición cuantitativa de la extensión de desórdenes y alteraciones fisiológicas tanto internas como externas, aprovechando también el desarrollo de métodos no destructivos [13]. Es preciso continuar aplicando nuevos métodos para medir el volumen del fruto de melón de forma que sea más sencilla la mejora de su calidad relacionada con parámetros morfológicos.

Por otra parte, los esfuerzos pueden también orientarse a fases más tempranas del desarrollo del fruto, especialmente con fines de mejora vegetal. En este sentido, observaciones previas indican que no es preciso esperar a esta fase para estudios relacionados con la forma del fruto [14, 15], aunque posiblemente habrá que correlacionar estos parámetros en floración con los datos en la recolección. Igualmente la disponibilidad de medidores con láser puede ayudar en el futuro al cálculo preciso de volumen, aunque su coste actual y la lentitud de medida son dos limitaciones importantes de cara a su implantación en líneas de laboratorio de calidad orientada a la mejora genética vegetal. Finalmente, también se han desarrollado software recientemente que puede ayudar a este tipo de mediciones en melón así como en otras especies de cucurbitáceas [16, 17].

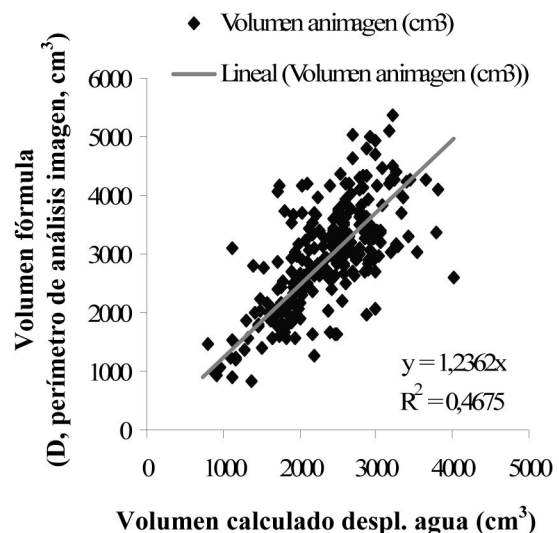


Figura 1. Correlación entre el volumen calculado experimentalmente por desplazamiento de agua y el obtenido mediante la fórmula de Lester et al. (1994) con el perímetro y el diámetro ecuatorial obtenido mediante análisis de imagen en la colección de 27 líneas casi-isogénicas de melón.

4. Conclusiones

La fórmula desarrollada por Lester et al. [10], para calcular el volumen del fruto de melón no es aplicable en general a frutos del tipo “Piel de sapo” sino más bien a frutos de una forma redondeada.

Agradecimientos

A Gene Lester por animarnos a redactar el trabajo. Proyectos financiadores: 11784//PI/09 (Fundación Séneca de la Región de Murcia) y AGL2003-09175-C02-02 (MEC de España y FEDER). Agradecemos a J. Obando y J.A. Martínez la asistencia técnica, a Semillas Fitó S.A. (Barcelona) el suministro de semillas del parental “Piel de sapo”, y al IRTA el de las semillas de las líneas casi isogénicas.

Referencias

- [1] Kader, A.A. (2002) “Methods of Gas Mixing, Sampling and Analysis”. In: Kader, A.A. (ed.) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Publication No.3311.Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, CA. 3a ed., pp. 145-148.
- [2] Kato, K. (1997) “Electrical Density Sorting and Estimation of Soluble Solids Content of Watermelon”. *J. Agric. Engin. Res.* 67:161-170.
- [3] Koc, A.B. (2007) “Determination of Watermelon Volume Using Ellipsoid Approximation and Image Processing”. *Postharvest Biol. Technol.* 45:366-371.
- [4] Monforte, A.J., Oliver, M., Gonzalo, M.J., Alvarez, J.M., Dolcet-Sanjuan, R., Arus, P. (2004) “Identification of Quantitative Trait Loci Involved in Fruit Quality Traits in Melon (*Cucumis melo* L.)”. *Theor. Appl. Genet.* 108:750-758.
- [5] Eduardo, I., Arús, P., Monforte, A.J. (2005) “Development of a Genomic Library of Near-Isogenic Lines (NILs) in Melon (*Cucumis melo* L.) from the Exotic Accession PI161375”. *Theor. Appl. Genet.* 112:139-148.
- [6] Eduardo, I., Arús, P., Monforte, A.J., Fernández-Trujillo, J.P., Obando, J., Martínez, J.A., Alarcón, A., Álvarez, J.M., van der Knaap, E. (2007) “Estimating the Genetic Architecture of Fruit Quality Traits in Melon (*Cucumis melo* L.) Using a Genomic Library of Near-Isogenic Lines”. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132:80-89.
- [7] Fernández-Trujillo, J.P., Obando, J., Martínez, J.A., Alarcón, A., Eduardo, I., Monforte, A.J., Arús P. (2005) “Statistical Multivariate Analysis of Melon Shape: a Case Study Using Near Isogenic Lines”. *Acta Hort.* 674:537-544.
- [8] Obando, J., Martínez, J.A., Roca, M. J., Alarcón, A. L., Fernández-Trujillo, J.P., Hernández, M.S., Eduardo, I., Arús, P., and Monforte, A. J. (2007) “Identification of QTLs Associated to Commercial Postharvest Quality Traits and Disorders Using a Collection of Near Isogenic Lines of Melon”. *Acta Hort. (ISHS)* 763:309-317.
- [9] Obando, J., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A., Alarcón, A.L., Eduardo, I., Arús, P., Monforte, A.J. (2008) “Identification of Melon Fruit Quality Quantitative Trait Loci Using Near-Isogenic Lines”. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133:139-151.
- [10] Lester, G.E., Oebker, N.F., Coons, J. (1994) “Preharvest Furrow and Drip Irrigation Schedule Effects on Postharvest Muskmelon Quality”. *Postharvest Biol. Technol.* 4:57-63.
- [11] Fernández-Trujillo, J.P., Obando, J., Martínez, J.A., Alarcón, A., Eduardo, I., Arús P., Monforte, A.J. (2005) “Gestión de la Calidad de Experimentos con Frutos de una Colección de Líneas Casi Isogénicas de Melón”. *Actas del Tercer Congreso Virtual Iberoamericano sobre Gestión de Calidad en Laboratorios. III IBEROLAB*. En: Atienza, J., Rabasseda, J. (Coord.), Madrid, pp. 149-158. www.iberolab.org. ISBN 84-491-061-0.
- [12] Monforte, A.J., Eduardo, I., Abad, S., Arús, P. (2005) “Inheritance Mode of Fruit Traits in Melon: Heterosis for Fruit Shape and its Correlation with Genetic Distance”. *Euphytica* 144: 31-38.
- [13] Diezma-Iglesias, B., Ruiz-Altisent, M., Barreiro, P. (2004) “Detection of Internal Quality in Seedless Watermelon by Acoustic Impulse Response”. *Bios. Eng.* 88: 221-230.
- [14] Jenni, S., Stewart, K.A., Bourgeois, G., Cloutier, D.C. (1996) “Nondestructive Volume Estimation for Growth Analysis of Eastern-Type muskmelon Ovaries”. *HortScience* 32: 342-343.
- [15] Périn, C., Hagen, C.S., Giovinazzo, N., Besombes, D., Dogimont, C., Pitrat, M. (2002) “Genetic Control of Fruit Shape Acts Prior to Anthesis in Melon (*Cucumis melo* L.)”. *Mol. Genet Genom.* 266: 933-941.
- [16] Brewer, M.T., Lang, L., Fujimura, K., Dujmovic, N., Gray, S., van der Knaap, E. (2006) “Development of a Controlled Vocabulary and Software Application to Analyze Fruit Shape Variation in Tomato and Other Plant Species”. *Plant Physiol.* 141:15-25.
- [17] Brewer, M.T., Moyseenko, J.B., Monforte, A.J., van der Knaap, E. (2007) “Morphological Variation in Tomato Fruit: a Comprehensive Analysis and Identification of Loci Controlling Fruit Shape and Development”. *J. Exp. Bot.* 58:1339-1349.