

# Diferencias aromáticas entre melones climatéricos de dos tipos y melones no climatéricos del tipo “Piel de Sapo”

Noelia Dos-Santos<sup>1</sup>, María del Carmen Bueso<sup>2</sup>, Antonio José Monforte<sup>3</sup> y Juan Pablo Fernández-Trujillo<sup>1,\*</sup>  
Equipo Multidisciplinar de Investigación en Calidad Postcosecha Orientada a  
Mejora Genética y Biotecnología

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Dpto. de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. ETSIA e Instituto de Biotecnología Vegetal. Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena (Murcia)  
\*Teléfono: 968 325436. E-mail: [juanp.fdez@upct.es](mailto:juanp.fdez@upct.es)

<sup>2</sup> UPCT. Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. ETSII. Doctor Fleming s/n, 30202 Cartagena (Murcia)

<sup>3</sup> Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP). CSIC/UPV  
Ciudad Politécnica de la Innovación - Edificio 8E Ingeniero Fausto Elio s/n, 46022 Valencia

**Resumen.** En diferentes cultivares de melón aromáticos y climatéricos o no climatéricos se han detectado diferencias en producción de etileno durante la maduración postcosecha. Los volátiles del parental “Piel de Sapo” (PS) y de una variedad comercial (“Nicolás”) sirvieron de referencia como no climatéricos mientras que la línea casi isogénica 6M1 y la variedad “Védrantais” fueron considerados como los aromáticos y climatéricos. El carácter climatérico se caracterizó por el contenido en ésteres (acéticos y no acéticos) y compuestos derivados del azufre, con mayor contenido en ésteres no acéticos (metil 2-metilbutanoato) en “Védrantais”. Los frutos de melones no climatéricos se diferenciaron por un alto contenido en aldehídos como el 2-metilpropanal (mayor contenido en “Nicolás”), terpenos, alcoholes y cetonas, como la 2-butanona (mayor contenido en PS). Los resultados analizados mostraron que existe una influencia genética de la variedad en biosíntesis y rutas metabólicas de aromas volátiles, especialmente en ésteres no acetato en variedades climatéricas con muy alta producción de etileno.

## 1. Introducción

El comportamiento fisiológico de los frutos de melón según su carácter climatérico está determinado genéticamente, aunque el control genético de la transición climatérica todavía no está completamente determinado [1].

El aroma de la fruta es uno de los parámetros que más influyen en las preferencias del consumidor y es el resultado de una compleja mezcla con una amplia gama de compuestos con diferente grado de volatilidad. Una importante contribución al aroma característico de la fruta y a la percepción de su calidad general depende de los ésteres y en cierta medida de los compuestos azufrados [2, 3, 4]. En melones climatéricos, el aroma debido a los volátiles es un factor esencial de calidad vinculado al proceso de maduración y está controlado genéticamente [5].

Existe un interés creciente por conocer marcadores moleculares asociados a atributos de calidad del melón, como el aroma, e identificar *Quantitative Trait Loci* (QTL) asociados al climaterio y la producción de etileno que están directamente relacionados con la vida comercial del fruto [6, 7]. En trabajos previos con líneas casi isogénicas (NILs) de melón [7, 8] hemos determinado que la presencia de un QTL en el grupo de ligamiento III produce frutos aromáticos y con pulpa de un aroma retronasal diferenciado del tipo “Piel de Sapo” (PS) no climatérico. Sin embargo, dentro de los melones

climatéricos verificamos que hay variabilidad en aromas [7]. Igualmente existe interés por verificar si existen algunos aromas diferentes entre tipos no climatéricos “Piel de Sapo” con fines de mejora genética.

La coexistencia de variedades de melón con maduración climatérica y no climatérica dentro de la especie, hacen que sea un sistema adecuado para estudiar el control genético de la maduración climatérica [6]. En [7] solamente utilizamos un perfil de 29 aromas volátiles comunes para diferenciar entre NILs climatéricas y no climatéricas, “Védrantais” y “Nicolás”, además de otras líneas. En el presente trabajo evaluamos todos los aromas detectados con microextracción en fase sólida (SPME) para verificar mayores diferencias y rutas metabólicas asociadas.

## 2. Material y Métodos

Los frutos procedieron de una colección de líneas casi-isogénicas ó NILs de melón ampliamente descrita [6, 9]. El material vegetal consistió en dos tipos no climatéricos: un parental tipo español “Piel de Sapo” (*C. melo* var. *inodorus* Naud cv. T111) y un melón híbrido var. Nicolás (Syngenta Seeds). Respecto a los tipos climatéricos fueron: *C. melo* var. *cantalupensis* Naud, cv. Védrantais y la línea casi isogénica 6M1, con dos introgresiones (grupos de ligamiento III y VI) del cultivar coreano *Shongwan Charmi* PI 161375 (SC) en el fondo genético del tipo PS [6]. Los frutos se cultivaron en

Torre Pacheco (Murcia) según manejo de cultivo, prácticas de cosecha e índices de recolección previamente descritos [10, 11]. Se recolectaron frutos de n=7 réplicas (3 plantas/réplica), salvo n=21 para PS siguiendo un diseño experimental previamente descrito [9].

La tasa respiratoria y la producción de etileno se determinaron tras la cosecha en al menos cinco frutos individuales de diferentes réplicas según [11]. Los volátiles de zumo de melón se analizaron por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) por SPME según metodología adaptada de [7]. Se aplicaron diferentes técnicas estadísticas de análisis multivariante (PCA, RF o PLS-DA, entre otras), siguiendo la metodología descrita en [7] y [12], que permitieron determinar el poder discriminante de los aromas volátiles entre las cuatro líneas en estudio. Para ello, se utilizó el entorno de programación R v2.11.0.

### 3. Resultados y Discusión

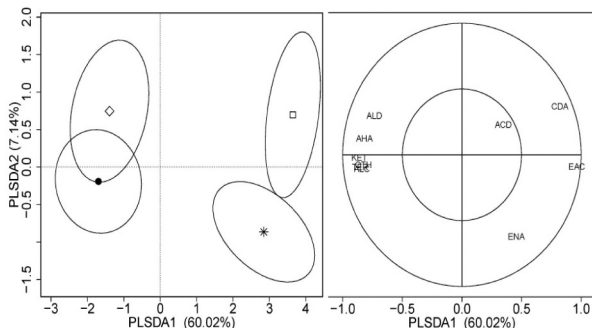
Según los niveles de producción de etileno y de la tasa respiratoria, datos no mostrados o publicados en [6, 11], las líneas se clasificaron en: No climatérica (PS y “Nicolás”), climatérica leve (6M1) y climatérica moderada (“Vedrantais”).

En el análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para grupos de compuestos volátiles, la primera componente (60% de varianza total explicada) permitió discriminar las líneas climatéricas (por su contenido en ésteres acéticos y derivados azufrados) de las no climatéricas (mayor contenido en cetona, alcanos, alcoholes, terpenos y otros). La segunda componente extraída en PLS-DA (7.1% de varianza total) sirvió para discriminar dentro de las líneas climatéricas y no climatéricas, con más poder discriminatorio dentro de las climatéricas, con 6M1 más asociada a derivados azufrados y “Vedrantais” a ésteres no acetato. “Nicolás” presentó más niveles de aldehídos que PS (más asociado a alcoholes) (Fig. 1). La mayoría de compuestos identificados en melón han sido alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, y compuestos azufrados, que dependen de la variedad y del comportamiento fisiológico. Los frutos climatéricos de melón de mayor intensidad aromática suelen presentar menor vida comercial que los no climatéricos. El contenido de compuestos volátiles responsables del “aroma de melón” es variado y cultivar-dependiente, incluso teniendo similar comportamiento fisiológico [2, 5, 7, 13]. Los ésteres han sido establecidos como típicos compuestos volátiles en NILs climatéricas de melón mientras que los aldehídos son característicos de NILs no climatéricas [7]. No es descartable una interacción entre genotipo x ambiente variable con las campañas.

Respecto a aromas individuales, las NILs climatéricas mostraron diferencias entre sí. La NIL 6M1 (climaterio leve) destacó por su contenido en 9 compuestos, ésteres acetato (2-feniletil acetato,

3-acetilopropil acetato y 2-metilbutilacetato) principalmente, mientras 8 compuestos, sobre todo ésteres no acetato (metil 2-metilbutanoato, butil propanoato y 2-metilpropil propanoato), discriminaron “Vedrantais” (climaterio moderado), de 6M1 (datos no mostrados).

Ésteres de cadena lineal, junto con ésteres de cadena ramificada derivados de la isoleucina fueron volátiles mayoritarios en las líneas climatéricas de acuerdo con [3]. Estos ésteres, junto a otros, son cuantitativamente los compuestos más importantes y contribuyen de forma importante al aroma único de frutas maduras de melón climatérico [14]. El carácter climatérico estuvo fuertemente asociado a la producción de ésteres y compuestos derivados azufrados, lo que revela su dependencia al menos parcial de la acción del etileno. La catálisis de la enzima alcohol acetil transferasa (a partir de alcoholes procedentes de aldehídos) y la producción de derivados azufrados a partir de metionina explicarían en parte este comportamiento [4, 15]. Las dos líneas no climatéricas tuvieron un comportamiento similar en contenido en volátiles, con alto contenido en alcoholes (ej. 3,5-dimetilciclohexan-1-ol). El control PS destacó por su mayor contenido en cetonas (ej. 2-butanona, procedente de butano-2,3-diona y acetona; [16]) y el 2-metilpropanal discriminó parcialmente a “Nicolás” de PS (datos no mostrados). Este último es el precursor de los 2-metilpropil ésteres procedentes de la valina [17].



**Fig. 1.** Centroides de la NIL 6M1 (□), los cultivares “Nicolás” (◇) y “Vedrantais” (\*) y el control PS (●) en función de las dos primeras componentes del análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para grupos de compuestos volátiles (izq.). Correlaciones entre los grupos de compuestos y las dos primeras componentes. Abrev.: Alcoholes (ALC), aldehídos (ALD), cetonas (KET), terpenos (TER), ésteres acéticos (EAC), ésteres no acéticos (ENA), compuestos derivados del azufre (CDA), ácidos (ACD), alcanos (AHA) y otros (OTH) (dcha.).

### 4. Conclusiones

Parece existir alguna diferencia genética asociada a un mayor grado de climaterio y de ésteres no acetato en “Vedrantais” respecto a la línea casi isogénica 6M1. Aldehídos y cetonas estuvieron asociados al comportamiento no climatérico y discriminaron ligeramente entre las líneas PS y “Nicolás”, lo que soporta también una componente genética que podría integrarse a la mejora del aroma de los melones tipo “Piel de Sapo”. La introgresión que produjo climaterio leve en 6M1 está muy asociada a QTL relacionados con la biosíntesis de ésteres.



## Agradecimientos

Proyec. finan.: AGL2010-20858 y AGL2003-09175-C02-02 (MICINN y MEC, respectivamente; FEDER), BIO-AGR06/02-0011 (CARM) y 11784//PI/09 (Fund. Séneca, Región de Murcia). NDS agradece la beca predoctoral FPU-MEC AP2006-01565. Agradecemos a Semillas Fitó las semillas de PS y al IRTA las de NILs, a JO, JAM, CM, MJF, MAQ y al SAIT-UPCT la asistencia técnica.

## Referencias

- [1] Vegas, J., Rios, W., Sanseverino, A.J., Monforte, A.J., Garcia-Mas, J. (2012) Eth3.5 and eth6.3 control climacteric fruit ripening in the near isogenic line SC3-5-1. X Eucarpia International Meeting on Cucurbitaceae 2012. En prensa.
- [2] Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Ziino, M., Lanza, C.M., Mazzaglia, A. (2010) Fast quantitative determination of aroma volatile constituents in melon fruits by headspace-solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Food Anal. Methods* 4: 141-149.
- [3] Bauchot, D.A., Mottram, D.S., Dodson, A.T., John, P. (1998) Effect of aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase antisense gene on the formation of volatile esters in cantaloupe Charentais melon (cv. Védraçais). *J. Agric. Food Chem.* 46: 4787-4792.
- [4] Lucchetta, L., Manrique, D., El-sharkawy, I., Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Zouine, M., Ginies, C., Bouzayen, M., Rombaldi, C., Pech, J.C., Latché, A. (2007) Biochemical and catalytic properties of three recombinant alcohol acyltransferases of melon. Sulfur-containing ester formation, regulatory role of CoA-SH in activity, and sequence elements conferring substrate preference. *J. Agric. Food Chem.* 55: 5213-5220.
- [5] Núñez-Palenius, H.G., Gómez-Lim, M., Ochoa-Alejo, N., Grumet, R., Lester, G., Cantliffe, D.J. (2008) Melon fruits: genetic diversity, physiology, and biotechnology features. *Crit. Rev. Biotechnol.* 28: 13-55.
- [6] Moreno, E., Obando, J., Dos-Santos, N., Fernández-Trujillo, J.P., Monforte, A.J., García-Mas, J. (2008) Candidate genes and QTLs for fruit ripening and softening in melon. *Theor. Appl. Genet.* 116: 589-602.
- [7] Obando-Ulloa, J., Moreno, E., García-Mas, J., Nicolai, B., Lammertyn, J., Monforte, A.J., Fernández-Trujillo, J. P. (2008) Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit. 1. Aroma volatiles. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 27-37.
- [8] Fernández-Trujillo, J.P., Bueso, M.C., Hernández, M.S. (2012) Quality oriented breeding using sensory attributes in melon: the case of climacteric and non-climacteric near-isogenic lines obtained from non-climacteric parents. *Acta Hort.* 934: 975-984.
- [9] Obando, J., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A., Alarcón, A.L., Eduardo, I., Arús, P., Monforte, A.J. (2008) Identification of quantitative trait loci of melon fruit quality traits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 133: 139-151.
- [10] Obando-Ulloa, J.M., Eduardo, I., Monforte, A.J., Fernández-Trujillo, J.P. (2009) Identification of QTLs related to sugar and organic acid composition in melon using near-isogenic lines. *Sci. Hort.* 121: 425-433.
- [11] Fernández-Trujillo, J.P., Obando-Ulloa, J.M., Martínez, J.A., Moreno, E., García-Mas, J., Monforte, A.J. (2008) Climacteric and non-climacteric behavior in melon fruit 2. Linking climacteric pattern and main postharvest disorders and decay in a set of near-isogenic lines. *Postharvest Biol. Technol.* 50: 125-134.
- [12] Fernández-Trujillo, J.P., Obando-Ulloa, J.M., Monforte, A.J., Sanmartín, P., Kessler, M., Bueso, M.C. (2009) Métodos estadísticos multivariantes aplicables a estudios de calidad postcosecha del fruto de melón. *Actas del Quinto Congreso Virtual Iberoamericano sobre Gestión de Calidad en Laboratorios*. Alsina, I., Martín de la Hinojosa, M.I., Hooghuis, H. (Coords.), Madrid, Min. Med. Amb. Medio Rural y Marino, pp. 13-21.
- [13] Obando-Ulloa, J.M., Ruiz, J., Monforte, A.J., Fernández-Trujillo, J.P. (2010) Aroma profile of a collection of near-isogenic lines of melon. *Food Chem.* 118: 815-822.
- [14] Flores, F.B., Manriquez, D., El-Sharkawy, I., Latché, A., Pech, J.C. (2005) Characterization of genes involved in the formation of aroma volatiles in 'Charentais' melon fruit. *Acta Hort.* 682: 673-679.
- [15] Varlet, V., Fernández, X. (2010) Review. Sulfur-containing volatile compounds in seafood: Occurrence, odorant properties and mechanisms of formation. *Food Sci. Technol. Intl.* 16: 463-503.
- [16] Min, D.B. (2012) Flavor chemistry. OST 820 course. Ohio State Univ. <http://www.slideserve.com/flower/flavorchemist-ry-820>.
- [17] Wyllie, S.G., Leach, D.N., Wang, Y., Shewfelt, R.L. (1995) Key aroma compounds in melons. En: Roussef, R.L. and Leahy, M.M. (Eds.), *Fruit flavors*. ACS Symp. Ser. 596. Amer. Chem. Soc., Washington D.C., pp. 248-257.