



Sociedad
Española
de **Ciencias**
Hortícolas

97

Septiembre
2024

ACTA DE HORTICULTURA

Comunicaciones Técnicas
Sociedad Española de
Ciencias Hortícolas

XI Congreso Nacional de
Mejora Genética de Plantas

Editores:

Margarita López Corrales

M^a Engracia Guerra Velo

María Ramos García

Antonio Jesús Galán Jiménez

Cáceres, 24-26 de septiembre de 2024

Correlaciones entre parámetros fisicoquímicos, fenoles totales y niveles de oxidación relacionados con la aptitud de variedades tradicionales de manzana

Francisco Javier Bielsa^{1,2}, Ana Pina^{1,2*}, Nerea Iturmendi^{3,4}, Patricia Irisarri^{1,2}, Montse Navarro^{3,4}, Iñigo Arozarena^{3,4}, Jorge Urrestarazu^{3,5}, Pilar Errea^{1,2}, Carlos Miranda^{3,5*}

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Departamento de Ciencia Vegetal, Avenida Montañana 930, 50059, Zaragoza

²Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, CITA-Universidad de Zaragoza, 50013, Zaragoza, España.

³UPNA, Dpto. Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona

⁴UPNA, Instituto de Innovación y Sostenibilidad en la Cadena Agroalimentaria (IS- FOOD), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona

⁵UPNA. Instituto de Investigación Multidisciplinar en Biología Aplicada (IMAB), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona

*Autor para correspondencia: carlos.miranda@unavarra.es

Palabras clave: calidad de fruto, fenoles totales, *Malus domestica* Borkh., pardeamiento enzimático, variedades locales

Resumen

El cultivo de la manzana está sufriendo un declive en su producción y a nivel económico que hace necesario innovar e implementar nuevos productos con los que invertir esa situación. Al mismo tiempo, y para cambiar la tendencia del uso masivo de unas pocas variedades, es necesario hacer un uso efectivo de la diversidad genética conservada en los genotipos locales, ofreciendo alternativas de calidad y distinción en el mercado. En el marco de proyectos anteriores se seleccionó un conjunto mínimo de accesiones (núcleo optimizado) que representa eficientemente la variación genética del manzano conservado en las colecciones españolas. Este trabajo de armonización y análisis permitió al proyecto PID2019-APPLECUT seleccionar material único y relevante, sobre el que se evaluaron caracteres fenotípicos y moleculares asociados a la aptitud en fresco para la industria procesada, así como propiedades activas y funcionales. Con el objetivo de conocer la variabilidad fenotípica del núcleo optimizado (69 accesiones UPNA y 72 accesiones CITA), se han determinado sus parámetros fisicoquímicos, fenoles totales, azúcares y los niveles de pardeamiento enzimático (PE) mediante varios índices durante al menos 2 años (campanas 2020-2023), así como las correlaciones entre los distintos parámetros estudiados. Se ha encontrado que el índice ΔE^* (diferencia de color normalizada) obtenido a los 30 minutos tras el corte es el mejor relacionado con el contenido de fenoles totales en la pulpa y una relación positiva entre contenido fenólico y nivel de PE. Los resultados han permitido avanzar en la caracterización fenotípica de germoplasma local de manzano y calidad de la fruta, así como determinar una mejor selección de parentales para programas de mejora, a obtener mejores productos finales de mayor calidad nutricional y mejor aptitud frutícola.

INTRODUCCIÓN

El pardeamiento enzimático (PE) es uno de los principales problemas que afectan a la calidad y limitan la vida útil de la fruta mínimamente procesada. Al mismo tiempo, y para cambiar la tendencia del uso masivo de unas pocas variedades, es necesario hacer un uso efectivo de la diversidad genética conservada, por el que estas variedades autóctonas, más adaptadas a las condiciones locales, podrían ofrecer un salto cualitativo en la calidad del fruto, y una distinción de mercado con productos singulares. En este sentido, en el marco de proyectos anteriores se seleccionó un conjunto mínimo de accesiones (núcleo optimizado) que representa eficientemente la variación genética del manzano

conservado en las colecciones españolas (Miranda et al, 2018). Este trabajo de armonización y análisis permitió seleccionar material único y relevante, sobre el que se evaluaron caracteres fenotípicos y moleculares asociados a la aptitud en fresco para la industria procesada, así como propiedades activas y funcionales (Bielsa et al., 2018; Miranda et al., 2021). En este trabajo se han evaluado las correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos, contenido fenólico y niveles de PE existentes entre las accesiones del núcleo optimizado con el objetivo de conocer su variabilidad fenotípica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre las campañas de 2020 y 2023 se evaluaron 69 variedades locales de la colección de la UPNA (Pamplona) y 72 de la colección del CITA (Zaragoza), pertenecientes al conjunto mínimo de accesiones que optimiza la representatividad de la variación genética del manzano conservado en las colecciones españolas (Miranda et al. 2018), así como 17 variedades de referencia. Los frutos se cosecharon en el momento en que su madurez, según el índice de almidón CTIFL superaba el valor 6, para minimizar la influencia del estado de maduración sobre el nivel de oxidación, y se conservaron en cámara frigorífica durante una semana antes de realizar la caracterización. El nivel de PE se determinó mediante análisis de imagen utilizando la metodología descrita en Miranda et al. (2021), y se caracterizó mediante cuatro índices: el índice de pardeamiento (BI) según el método de Palou et al (1999), y las diferencias de color respecto al tiempo de corte para BI (ΔBI), el color CIE normalizado (ΔE^*) y el color CIEDE 2000 (ΔE_{00}). Los valores de cada índice se obtuvieron para los tiempos tras el corte de 30 y 60 minutos. Las determinaciones fisicoquímicas (sólidos solubles, azúcares, acidez, contenido en ácidos orgánicos), y contenido total de fenoles en pulpa y piel se llevaron a cabo tal como se describen en Ferrer et al. (2024).

Las relaciones entre los índices de pardeamiento y los parámetros medidos en los frutos se determinaron por medio de correlaciones de Pearson. Se realizó análisis de varianza entre el contenido de polifenoles totales en pulpa y en piel según el nivel de pardeamiento enzimático y el año de estudio, empleando el índice de PE que mejor correlacionado estuvo con los niveles de polifenoles. Los análisis fueron realizados en R (R Core Team, 2022), por medio de RStudio (RStudio Team, Boston, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices de PE evaluados se correlacionaron entre sí siempre de forma significativa (Figura 1), aunque los valores de los coeficientes eran muy variables (entre $p=0.564$ y $p=0.997$). Los valores para un mismo índice de PE medidos a los 30 o 60 minutos tras el corte estaban muy altamente correlacionados ($r>0,98$), mientras que las menores correlaciones ($r<0,60$) se encontraron entre BI y ΔE^* . En conjunto, estos resultados indican que los índices no pueden considerarse intercambiables y que, dependiendo del uso que se pretenda darles, puede haber índices más adecuados que otros. Así, la firmeza, pH, acidez total y los contenidos en ácido tartárico y cítrico no mostraron correlaciones significativas con ninguno de los índices. El resto mostraron correlaciones moderadas ($0,21<r<0,38$) y significativas con la mayoría de índices. Los índices ΔE^*_{60} y, especialmente, ΔE^*_{30} fueron los que estuvieron mejor relacionados con un mayor número de parámetros. En lo que se refiere a relaciones entre los parámetros fisicoquímicos, se encontraron relaciones significativas ($0,16<r<0,42$) entre los contenidos en polifenoles totales en pulpa y piel y los contenidos en sólidos solubles, el de ácido málico (solo con la piel) y el de valoración con NAOH (sólo en pulpa). Por otra parte, se encontró que los parámetros de acidez tendían a estar inversamente relacionados con el contenido en glucosa y fructosa, siendo destacable el caso del contenido en ácido málico con la fructosa.

Se analizó también la relación entre el nivel de pardeamiento y el contenido en polifenoles para el índice ΔE^*_{30} (Figura 2). No se encontró interacción entre los factores pardeamiento y año, por lo que se pudieron evaluar por separado. Aunque la variabilidad entre accesiones era elevada, el contenido en polifenoles en la pulpa (Figura 2a) aumentaba de forma lineal con el índice de PE de las accesiones, con una diferencia media del doble entre las categorías extremas. El efecto año también fue significativo, especialmente para las mediciones de 2020, donde el nivel de polifenoles en pulpa fue

de media un 60-70% superior al de los años siguientes. Un efecto similar, aunque más atenuado, se encontró para los contenidos en la piel. Así las variedades con mayor nivel de PE tenían hasta un 30% más de polifenoles en sus pieles. Las diferencias entre años fueron de hasta el 30%, pero en este caso 2022 fue el año con mayores niveles en piel.

En conjunto, los resultados de este estudio nos han permitido avanzar en la caracterización fenotípica de germoplasma local de manzano y calidad de la fruta.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos PID2019-108081RR-C21 y C22, y PID2022-141847OR-C31 y C32 financiados por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033 y por el Grupo consolidado A12 del Gobierno de Aragón – Fondo Social Europeo de la Unión Europea.

Referencias

- Bielsa, F.J., Irisarri, P., Urrestarazu, J., Errea, P., Miranda, C., Santesteban, L.G., Pina, A. 2018. Análisis de la expresión génica de cinco enzimas involucradas en el pardeamiento del fruto tras el corte en manzano. X Congreso Nacional de Genética de Plantas, Pontevedra, 19-22 septiembre.
- Ferrer, M., Bielsa, F.J., Iturmendi, N., Irisarri, P., Navarro, M., Errea, P., Arozarena, I., Urrestarazu, J., Pina, A., Miranda, C. 2024. Clasificación de germoplasma de manzano tradicional español en función de su aptitud: mesa vs sidra. XI Congreso Nacional de Genética de Plantas. Cáceres, 24-26 de septiembre.
- Miranda, C., Errea, P., Urrestarazu, J., Pina, A., Pereira-Lorenzo, S., Dapena, E., et al. 2018. Definición del núcleo optimizado de la colección de conservación del manzano español. Acta Horticultura. 80, pp. 67 – 71.
- Miranda, C., Arellano, J., Irisarri, P., Navarro, J.A., Castel, L., Errea, P. 2021. Fenotipado de la oxidación de la carne en manzana cortada mediante análisis de imagen. Actas de Horticultura. 86, pp 76-79.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Welty-Chanes, J., Swanson, B.G. 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. J. Food Sci. 64, 42–45.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Slinkard, K and Singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. Am. J. Enol. Vitic. 28: 49-55.

ΔE^*_{60}	ΔBI_{30}	ΔBI_{60}	BI_{30}	BI_{60}	$\Delta E00_{30}$	$\Delta E00_{60}$	Firm.	pH	Ac. Tot	Mal	Tart	Citr	NaOH	Brix	Glu	Fru	TCP Pulpa	TCP Piel	
0.99	0.80	0.79	0.56	0.59	0.94	0.93	0.03	0.08	0.15	0.29	0.14	0.14	0.24	0.31	0.24	0.26	0.22	0.30	ΔE^*_{30}
	0.80	0.80	0.57	0.60	0.94	0.94	0.03	0.09	0.14	0.27	0.01	0.12	0.22	0.31	0.24	0.27	0.21	0.30	ΔE^*_{60}
		0.99	0.87	0.89	0.75	0.73	-0.03	0.11	0.13	0.11	0.12	0.12	0.10	0.26	0.33	0.37	0.06	0.30	ΔBI_{30}
			0.88	0.90	0.75	0.75	-0.03	0.12	0.12	0.10	0.11	0.11	0.10	0.27	0.33	0.36	0.05	0.31	ΔBI_{60}
				1.00	0.58	0.57	-0.01	0.13	0.09	0.04	0.08	0.08	0.03	0.25	0.33	0.38	-0.11	0.24	BI_{30}
					0.60	0.59	-0.02	0.13	0.09	0.03	0.07	0.07	0.03	0.24	0.34	0.38	-0.11	0.24	BI_{60}
						0.99	0.09	0.05	0.13	0.21	0.11	0.12	0.20	0.24	0.20	0.25	0.15	0.22	$\Delta E00_{30}$
							0.09	0.03	0.12	0.20	0.11	0.11	0.18	0.21	0.19	0.24	0.13	0.21	$\Delta E00_{60}$
								-0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.20	-0.06	-0.08	0.14	-0.03	Firmeza
									-0.60	-0.23	-0.61	-0.61	-0.39	0.33	0.28	0.20	0.00	0.11	pH
										1.00	1.00	1.00	0.98	0.14	-0.20	-0.17	0.05	0.04	Acidez total
											1.00	1.00	0.96	0.49	-0.19	-0.31	0.14	0.18	Ac. Málico
												1.00	0.99	0.13	-0.22	-0.17	0.05	0.03	Ac. Tartárico
													0.99	0.13	-0.22	-0.17	0.05	0.03	Ac. Cítrico
														0.38	-0.23	-0.31	0.16	0.14	NaOH
															0.45	0.16	0.21	0.42	Brix
																0.45	0.06	0.20	Glucosa
																	0.00	-0.11	Fructosa
																		0.47	TCP Pulpa

Figura 1. Matriz de correlaciones bivariadas entre los valores de los índices de pardeamiento enzimático y los parámetros fisicoquímicos y fenoles totales en las accesiones evaluadas. Se marca con fondos grises de diferente intensidad las correlaciones que resultaron significativas.

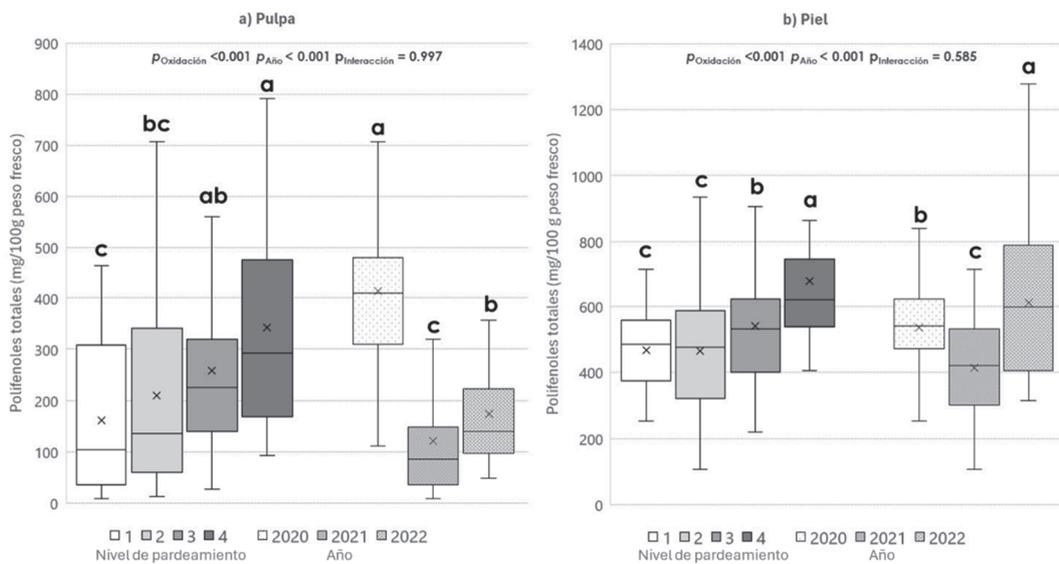


Figura 2. Contenido en polifenoles totales (mg/100 g peso fresco) en a) pulpa y b) piel según el nivel de pardeamiento enzimático de la pulpa (índice ΔE^* , diferencia de color CIE normalizada) y el año de análisis para las accesiones evaluadas en este estudio. Los valores de significación corresponden a los de un ANOVA bifactorial (pardeamiento x año). Letras diferentes para el nivel de oxidación o el año de análisis indican que los valores medios son distintos con $p < 0,05$ según el test de Tukey.