

Pasificación de la uva, pérdida de agua y muerte celular: un desafío creciente para los viticultores en el contexto del cambio climático

>>> La deshidratación de las uvas en maduración tardía es un fenómeno importante que ocurre mediante la pérdida de agua de la baya, debido a la alteración del reservorio de agua de la fruta, cuando la transpiración y el flujo potencial de restitución de agua a la planta exceden a la importación de agua hacia la baya a través del floema y el xilema. La pasificación puede tener un impacto económico significativo, reduciendo el rendimiento en $\geq 25\%$ con consecuencias en la composición de la baya y el vino obtenido. Se estima que su acontecimiento y consecuencias aumentarán de acuerdo a las predicciones del cambio climático, aplazando el desarrollo de la uva y su maduración a periodos más cálidos (i.e., olas de calor y sequías). <<<

La pasificación es un fenómeno de pérdida de masa en las uvas que puede iniciarse durante varias etapas de su desarrollo, ya sea antes del envero, tan pronto como la antesis (afectando a los ovarios) o después del envero. Se ha mostrado que tanto variedades tintas como blancas (Cabernet Sauvignon, Zweigelt, Barbera, Garnacha, Semillón, Sauvignon blanc, Shiraz, entre otras) son susceptibles a la pasificación¹. Se han reportado cuatro tipos de pasificación en la literatura;

- 1/ Escaldaduras ya sea antes o después del envero, resultando en el desarrollo deficiente del color en variedades tintas en casos severas;
- 2/ Deshidratación tardía (DT), caracterizada por la muerte celular en el mesocarpio y pérdida de agua, lo que conduce a un incremento en la concentración de sólidos solubles totales (SST);
- 3/ Necrosis del raquis, caracterizada por tejidos del raquis necróticos que afectan a los escobajos, hombros e incluso a los racimos enteros. La necrosis del raquis puede ocurrir directamente desde la floración o más tarde, después del envero, con diferentes impactos en la composición de la uva²;
- 4/ Desórdenes en la acumulación de azúcar, resultando en bayas blandas y de forma irregular, con poca masa fresca, pocos antocianinas y acumulación de azúcar.

El tipo más común de pasificación en climas cálidos es la DT. A pesar de que la DT es variable entre estaciones, sitios, y viñedos, pareciera acelerarse por las altas temperaturas, mayor DPV, estrés y/o escasez de agua, y exposición solar excesiva del raquis. La DT puede ser atribuida a la deshidratación y pérdida de vitalidad celular de la uva que resulta en pérdidas en el rendimiento, calidad y rentabilidad³. Chou *et al.*⁴ (2018) reportó que la DT fue la causa de la pérdida de masa fresca de la baya de 30-70 % en Shiraz.

La mayoría de las publicaciones sobre el desarrollo de las uvas presentan resultados obtenidos en poblaciones de bayas, por lo tanto mezclando varios estados de desarrollo de esta (Figura 1). A pesar de ser tediosas, las mediciones en bayas individuales de parámetros tales como los sólidos

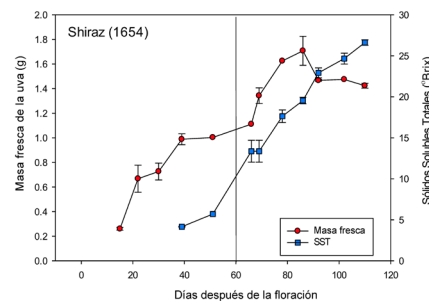


Figura 1. Cambios en la masa fresca de la baya y sólidos solubles totales a través del tiempo en Shiraz cultivada en un clima caluroso. La pérdida de masa fresca típicamente ocurre al alrededor de 80-90 días después de la floración. Debido a la pérdida en contenido de agua de la baya, los azúcares existentes se concentran e incrementan aún más los sólidos solubles totales.

solubles totales (SST), masa fresca (g), ácidos orgánicos, muerte celular e histológica / oxígeno interno de la baya son necesarias para mejorar nuestro entendimiento sobre la acumulación y pérdida de metabolitos de la uva durante las diferentes fases del su desarrollo. Este artículo presenta algunos resultados originales relacionados con la DT, obtenidos mediante el análisis de bayas individuales de varios racimos de Shiraz.

Las bayas individuales comienzan a cargarse de azúcar desde el inicio del envero (ablandamiento de las uvas) hasta que el azúcar por baya alcanza una meseta alrededor de 26 días después⁵. La meseta en la carga de azúcar de la baya ocurre generalmente a unos 1-1,2 Molar (10-12 % en alcohol probable; 18-20°Brix), independientemente del cultivar. De forma paralela a la acumulación de azúcar (pero no necesariamente en una relación lineal), el volumen de la fruta aumenta mediante la carga de agua.

Desde la meseta de acumulación de azúcares de la uva (segunda fase de maduración de la baya), el aumento de la concentración de azúcar (°Brix) se debe principalmente a la pérdida de agua de la baya⁶. A medida que la reserva de agua de la uva deja de estar balanceada entre carga de agua y transpiración o flujo de retorno hacia la parra, la uva puede ser susceptible de pasificarse en algunos cultivares tales como la Shiraz. Por lo tanto, la concentración de azúcar en la baya es una ecuación entre la cantidad total de azúcar que se ha depositado en la uva (mg/baya) y volumen de esta. Un estudio reciente en uvas Shiraz individuales normales vs. pasificadas, todas muestreadas en los mismos racimos en la misma fecha (viñedo Montpellier l'Institut Agro; parras formadas con brotes en posición vertical, bajo fertirrigación), ilustra muy bien la pérdida de masa fresca global en las uvas, mientras que el °Brix aumenta en las barras pasificadas cuando se le compara a bayas normales (Figura 2). Los resultados revelan una débil pero significativa relación entre la masa fresca de las bayas individuales y su concentración de azúcar, expresada en °Brix tanto para las bayas normales como para las pasificadas (Figura 3), confirmando los resultados publicados recientemente⁷.

Se demostró que la hipoxia (bajo oxígeno) en el mesocarpio de la uva (Figura 4) puede contribuir al inicio de la muerte celular³. Estudios previos han mostrado que altas temperaturas y el déficit de riego pueden exacerbar el alcance de la muerte celular y la deshidratación de la baya, lo que puede ser mejorado mediante sombreado.

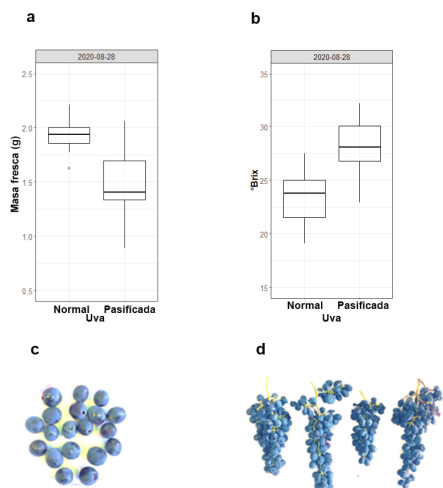


Figura 2. Boxplots representando la masa fresca de las bayas (a) y valor °Brix (concentración de azúcar) (b) en las mismas uvas normales individuales (c) y uvas pasificadas (d). Esto ilustra la pérdida global de masa de la baya y el incremento de °Brix en las uvas pasificadas comparadas con las uvas normales.

La pasificación tiene un efecto profundo en las uvas Shiraz y en la composición del vino, aunque las modulaciones dependen del tipo de pasificación⁴. Vinos hechos con uvas donde el 80% de las bayas estaban afectadas por DT resultaron tener niveles de alcohol significativamente más altos (más de 1% vol.), un tono más evolucionado, mayor edad química y una densidad de color disminuida. Una evolución en el tono del vino corresponde a un cambio de color desde el violeta hacia el anaranjado, mientras la edad química del vino indica el grado de polimerización entre antocianinas y taninos. Por lo tanto, la DT acentúa el desarrollo del color en los vinos tintos y a su vez acorta su potencial de envejecimiento. Además, la concentración de antocianinas era menor en los vinos hechos con uvas pasificadas⁴. La DT también alteró la composición volátil del vino, disminuyendo las concentraciones de algunos alcoholes de acetato superiores y β -damascenona (potenciador de aroma frutal), y aumentando las concentraciones de γ -nonalactona y massoia lactona. Ambos compuestos son conocidos por contribuir con aromas de fruta cocida y ciruelas en vinos tintos envejecidos prematuramente. Finalmente, la DT afectó las características sensoriales del vino. Los vinos hechos con uvas afectadas por DT resultaron generar percepciones de fruta cocida, con un mayor grado alcohólico y astringencia². De forma más general, compuestos como la γ -nonalactona, massoia lactona, furaneol, homofuraneol, 3-metil-2,4-nonanediona y (Z)-1,5-octadien-3-ona parecían contribuir al carácter de frutos secos en vinos hechos con uvas deshidratadas². Es de notar que la madurez tardía no siempre va acompañada de pasificación ni de altas concentraciones de marcadores químicos relacionados a los aromas de frutos secos.

■ Entonces, ¿qué herramientas poseemos para limitar/evitar la pérdida de agua de la baya post-verano y finalmente la pasificación?

. Proteger el raquis con hojas para limitar la transpiración de la uva y mejorar el microclima del raquis en términos de

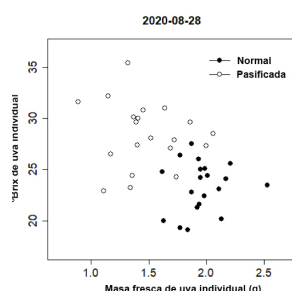


Figura 3. La relación entre masa fresca de uvas individuales y valor °Brix (concentración de azúcar) en las mismas uvas individuales es significativa, pero no muy estrecha, para uvas normales y uvas pasificadas. Esto ilustra: i) la compleja interacción entre contenido de azúcar de la uva y volumen de la uva; ii) para una fecha de muestreo específica, las uvas no están al mismo nivel de desarrollo-madurez en cuanto a estos parámetros.

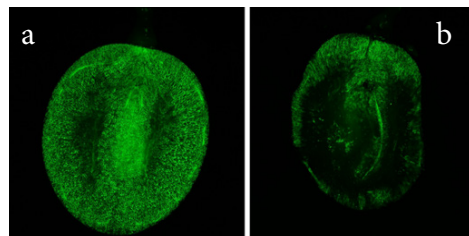


Figura 4. Imágenes fluorescentes de un corte de superficie de la uva (corte longitudinal a través del eje central) teñido con diacetato fluorescente (DAF). Las células vitales intactas muestran un verde fluorescente. Una uva turgente mostrando células sanas/intactas dentro del mesocarpio en (a). Una uva pasificada mostrando grandes áreas oscuras indicando muerte celular en (b). Las barras de escala son de 2mm.

DPV (déficit de presión de vapor). Sin embargo, también debe considerarse que las parras demasiado vigorosas con grandes follajes pueden experimentar más estrés hídrico bajo calores severos, si la captación radicular es insuficiente para mantener la demanda hídrica de la parra.

. Aplicar una restricción hídrica moderada desde el cuajado hasta el envero para forzar a la parra y sus raquis a adaptarse a las limitaciones de agua a lo largo de la estación (bayas más pequeñas suelen sufrir menor pérdida de peso total).

. Proteger la parra mediante riego antes de una ola de calor para limitar el contraflujo de agua de la baya, teniendo presente que después de la meseta de acumulación de azúcar de la baya, el riego podría no reducir la pérdida de agua de la uva. (Aunque se ha mostrado que la lluvia durante la fase de pasificación puede desacelerar el ritmo de pérdida de masa por absorción directa de agua a través de las películas).

. Proteger las parras por sombreado o aplicación de filtros solares (como el caolín). ■

Alain Deloire¹, Suzy Rogiers², Katja Šuklje³, Guillaume Antalick⁴, Xiao Zeyu⁵, Anne Pellegrino¹,

¹ Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France

² NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

³ Agricultural Institute of Slovenia, Slovenia

⁴ University of Nova Gorica, Vipava, Slovenia

⁵ ARC Training Centre for Innovative Wine Production, National Wine and Grape Industry Centre, Charles Sturt University, Australia

1 Šuklje K., Zhang X., Antalick G., Clark A.C., Deloire A., & Schmidtke L.M., (2016). Berry Shriveling Significantly Alters Shiraz (*Vitis vinifera* L.) Grape and Wine Chemical Composition, *J. Agric. Food Chem.*, 64, 870–880, DOI:10.1021/acs.jafc.5b05158

2 Allamy, Darriet & Pons, 2017. Molecular interpretation of dried-fruit aromas in Merlot and Cabernet Sauvignon musts and young wines: Impact of over-ripening. *Food Chemistry*, 266, 245-253. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.022

3 Xiao, Z., Liao, S., Rogiers, S. Y., Sadras, V. O. & Tyerman, S. D., (2018). Effect of water stress and elevated temperature on hypoxia and cell death in the mesocarp of Shiraz berries, *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, 87-497,, <https://doi.org/10.1111/ajgw.12363>

4 Chou, H.-C., Šuklje, K., Antalick, G., Schmidtke, L. M., & Blackman, J. W., (2018). Late-season Shiraz berry dehydration that alters composition and sensory traits of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(29), 7750-7757. doi: 10.1021/acs.jafc.8b01646

5 Shahood R., Torregrosa L., Savoi S., Romieu C. (2020). First quantitative assessment of growth, sugar accumulation and malate breakdown in a single ripening berry, *Oeno One*, 4, 1077-1092, DOI:10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787

6 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Hatfield, J. M., Orchard, B. A. & Keller, M., (2006). Solute transport into Shiraz berries during development and late-ripening shrinkage. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 73-80.

7 Triolo, R., Roby, J. P., Plaica, A., Hilbert, G., Buscemi, S., Di Lorenzo, R., & van Leeuwen, C. (2018). Hierarchy of factors impacting grape berry mass: separation of direct and indirect effects on major berry metabolites. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69(2), 103-112.