IVES Technical Reviews
vigne & vin

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.9402

L'utilisation de *Torulaspora delbrueckii* dans les vins de macération carbonique améliore leurs propriétés organoleptiques et favorise la fermentation malolactique

Candela Ruiz-de-Villa[1], Jordi Gombau[2], Montse Poblet[1], Albert Bordons[3], Joan Miquel Canals[2], Fernando Zamora[2], Cristina Reguant[3], Nicolas Rozès[1*]

[1] Grup de Biotecnologia Microbiana dels Aliments, Rovira i Virgili University, Faculty of Oenology, Biochemistry and Biotechnology Department, Marcel·lí Domingo 1, 43007 Tarragona, Catalonia, Spain
[2] Grup de Tecnologia Enològica, Departament de Bioquímica i Biotecnologia, Facultat d'Enologia, Universitat Rovira i Virgili, c/ Marcel·lí Domingo s/n, 43007 Tarragona, Catalonia, Spain
[3] Grup de Biotecnologia Enològica, Rovira i Virgili University, Faculty of Oenology, Biochemistry and Biotechnology Department, Marcel·lí Domingo 1, 43007 Tarragona, Catalonia, Spain

Récemment, l'étude des levures non-*Saccharomyces* a suscité un intérêt croissant en raison des avantages qu'elles apportent dans le processus de production du vin et de leurs propriétés organoleptiques. De plus, dans le cas de l'espèce *Torulaspora delbrueckii*, il a été observé que son utilisation dans la fermentation alcoolique (FAL) en présence de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) a aussi un effet positif sur les performances des bactéries lactiques lors de la réalisation de la fermentation malolactique (FML)[1]. Cet effet a été peu étudié dans les vinifications spéciales comme la macération carbonique (MC), qui consiste dans un premier temps à réaliser une FAL intracellulaire des grains de raisin non pressés en atmosphère anaérobie, ce qui produit des vins très aromatiques[2]. L'objectif de cette étude est d'étudier les implications œnologiques de l'inoculation de *T. delbrueckii* lors de la première étape de vinification par MC, afin d'améliorer le processus de fermentation et les caractéristiques organoleptiques de ces vins.

Matériels et méthodes

Des expérimentations ont été conduites à partir du cépage Grenache noir, cultivé en petits volumes dans des récipients en plastique alimentaire de 15 L au Chai Expérimental de la Faculté d'œnologie *Mas dels Frares* (Université Rovira i Virgili, DO Tarragone). Pour réaliser la macération carbonique (MC), les raisins ont été égrappés à la main, mais non foulés. Des baies de raisin entières ont été placées dans les récipients dans lesquels du CO_2 a été introduit pour créer un environnement d'anaérobiose (Figure 1). Les conditions étaient les suivantes : témoin sans inoculation et deux conditions d'inoculation des raisins non foulés utilisant deux souches de *T. delbrueckii* (Viniflora Prelude de Chr. Hansen Holding AS, Hoersholm, Denmark) et Viniferm NS Td de Agrovin (Alcázar de San Juan, Spain). Après 5 jours de MC à 20°C, les raisins ont été pressés et les fractions de moûts d'une même condition ont été mélangées. Le moût de chaque condition a été soutiré et inoculé avec *S. cerevisiae* CLOS (Lallemand Inc., Montréal, QC, Canada) afin de finaliser la fermentation alcoolique. À partir des vins obtenus pour chaque condition, trois types de fermentation malolactique (FML) ont été réalisées. D'une part, deux souches d'*Oenococcus oeni* ont été utilisées (Lalvin VP41 de Lallemand Inc. et Viniflora CH11 de Chr. Hansen Holding, et d'autre part une FML spontanée (Sp) en présence de bactéries lactiques (BAL) indigènes (Figure 1). Trois répliquats biologiques ont été réalisés pour toutes les fermentations (FAL et FML).

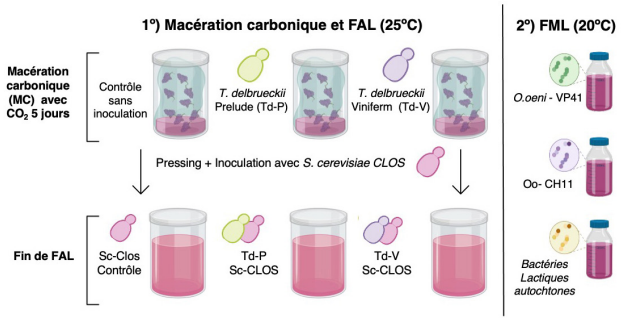


FIGURE 1. Plan expérimental.

Résultats

Effet de *T. delbrueckii* sur la couleur des vins

Des résultats intéressants ont été observés sur la couleur et la composition phénolique des vins, issus de l'inoculation de *T. delbrueckii* en début de macération carbonique. Il a été observé que la présence de T. delbrueckii entraînait une augmentation significative de la concentration en anthocyanes dans les vins finaux, notamment avec la souche TdV (Figura 2A). Cette concentration plus élevée pourrait être liée à plusieurs causes, comme par exemple une plus grande oxydation des anthocyanes dans les vins témoins qui a mis plus de temps à démarrer la FAL. En revanche, cet effet pourrait être associé à la forte activité pectolytique observée chez certaines levures non-*Saccharomyces*. Cependant, cette activité n'a pas encore été démontrée pour *T. delbrueckii*. Des différences ont également été détectées dans les pyranoanthocyanes, la Vitisine A et la Vitisine B (Figure 2B). Ces pigments jouent un rôle important dans l'amélioration de la stabilité de la couleur des vins car ils sont moins sensibles aux changements de pH et plus résistants à la décoloration causée par le dioxyde de soufre[3]. De ce fait, les couleurs des échantillons Témoin à la fin de la MC étaient significativement différents de ceux inoculés avec *T. delbrueckii*, puisqu'aucune pyranoanthocyanes ne fut détectée. Au contraire, les échantillons TdP et TdV ont montré la présence de ces pigments après MC. Toutefois après FAL, des pyranoanthocyanes ont été détectées dans tous les vins, avec des concentrations plus élevées dans les vins issus de l'inoculation avec *T. delbrueckii* que pour les vins témoins.

Au cours de la phase MC, il n'y eu aucune différence significative d'intensité colorante (IC) entre les différentes conditions. Cependant, après FAL, le vin témoin a montré une réduction significative de l'IC. À l'œil nu, la condition Témoin pouvait être différenciée de la condition inoculée avec *T. delbrueckii* (Figure 2C).

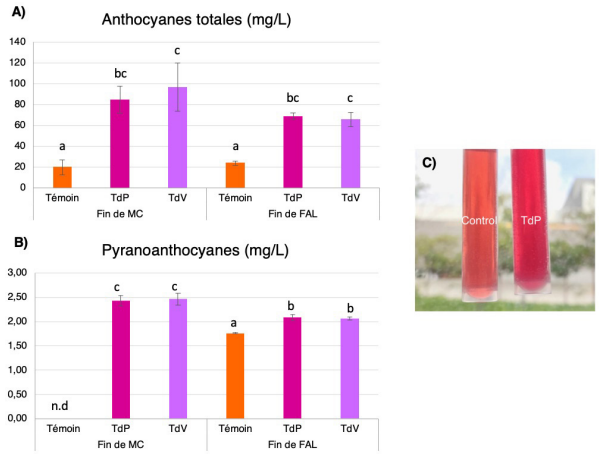


FIGURE 2. Composés phénoliques analysés. A) Anthocyanes libres analysées par HPLC; B) Pyranoanthocyanines (Vitisines A et B). C) Différenciation des vins à l'œil nu : Témoin (Gauche) et vin inoculé avec *T. delbrueckii* Prelude (Droite). La fin de MC correspond au prélèvement après macération carbonique, avant inoculation de *S. cerevisiae*, et la fin de FAL correspond au prélèvement après fermentation alcoolique (FAL). Témoin correspond au Témoin de la fermentation ; TdP et TdV correspondent respectivement à des fermentations avec *T. delbrueckii* Prelude ou *T. delbrueckii* Viniferm. Toutes les données sont exprimées sous forme de moyenne arithmétique de trois répétitions biologiques ± écart type (n = 3).

Effet de *T. delbrueckii* sur l'arôme et les propriétés organoleptiques des vins

L'inoculation des deux souches de *T. delbrueckii* a influencé de manière significative le profil volatil et les caractéristiques organoleptiques générales

Ce travail est disponible sous la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

des vins. Les différences sont apparues principalement après FAL pour les vins de *T. delbrueckii*, augmentant les familles d'esters éthyliques, d'alcools supérieurs, d'acides gras à chaîne courte (SCFA) et d'acétates d'alcools supérieurs. Les composés qui ont le plus augmenté sont le 1-propanol, le 2-méthylpropanol, l'acétate d'isoamyle, l'acétate de 2-phényléthanol, le décanoate d'éthyle, le dodécanoate d'éthyle et l'isopropanol, caractérisés par des descripteurs tels que l'alcool, le vin, la banane, la rose, le raisin et les feuilles. Il convient aussi de souligner que dans cette étude, la souche TdP a montré une teneur significativement plus importante que la souche TdV en 2-phényléthanol, 2-méthylpropanol et acétate d'isoamyle. L'acétate d'isoamyle est un composé caractéristique des vins de MC[2] dont le marqueur sensoriel principal est la banane. Les concentrations en acétate d'isoamyle furent après MC de 0,62 mg/L (Témoin), 0,63 mg/L (TdP) et 0,47 mg/L (TdV) sans différences significatives. Cependant, les vins TdP et TdV après FAL avaient significativement des concentrations en acétate d'isoamyle plus élevées, 3,37 mg/L et 1,32 mg/L, respectivement, par rapport au vin Témoin (0,58 mg/L) (Figure 3A).

Enfin, pour comprendre globalement l'impact réel de l'inoculation de *T. delbrueckii* pendant la MC, une analyse sensorielle a été réalisée après FAL. Tout d'abord, un test triangulaire formé par 15 juges experts a montré que les vins Témoin et TdP, et Témoin et TdV étaient significativement différents entre eux, mais aucune différence n'a été perceptible entre TdP et TdV. Par la suite, une dégustation descriptive des vins a été réalisée après le FAL. Le vin TdV a montré des arômes intenses de fruits rouges, d'herbe et de banane, ainsi que des valeurs de perception globale plus élevées. Dans le cas du vin TdP, l'arôme de banane et la perception générale se sont améliorés par rapport au vin témoin. Étonnamment, l'arôme de banane était le seul descripteur présentant une différence significative entre les vins contenant *T. delbrueckii* et le vin témoin (Figure 3B). Ceci suggère que le panel de dégustation a associé l'arôme de banane plus prononcé à la présence de *T. delbrueckii* au cours de la MC.

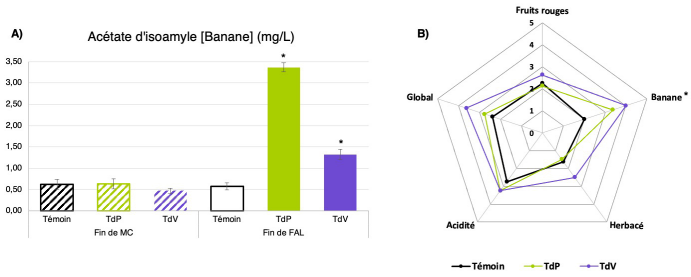


FIGURE 3. Concentration d'acétate d'isoamyle (mg/L) (A). Schéma en toile d'araignée de l'analyse sensorielle des vins après FAL (B). Les astérisques (*) indiquent les attributs qui présentent des différences significatives (valeur $p < 0,05$). Témoin correspond à la condition Témoin fermenté uniquement avec Sc; TdP et TdV correspondent respectivement à des fermentations avec *T. delbrueckii* Prelude et Viniferm. Toutes les données sont exprimées sous forme de moyenne arithmétique de trois répétitions biologiques ± écart type (n = 3).

Effet de *T. delbrueckii* sur la réalisation de la fermentation malolactique (FML)

Une fois les FAL terminées, trois stratégies de FML ont été étudiées : inoculation avec les souches *O. oeni* OoVP41 et OoCH11, et une FML spontanée. L'inoculation avec des souches commerciales d'*O. oeni* visait à évaluer leur potentiel sous la pression concurrentielle des LAB endogènes.

La Figure 4 représente la cinétique des FML des trois conditions. L'inoculation en présence de OoVP41 a entraîné une durée plus courte de la FML par rapport à OoCH11 et à la FML spontanée. Les vins TdP et TdV dans lesquels OoVP41 a été inoculé ont complété la FML deux jours plus tôt (8 jours) que les vins Témoins avec la même souche (10 jours). Des études antérieures en conditions de laboratoire[4] ont également caractérisé la souche OoVP41 comme une souche hautement efficace pour la FML, corroborant ainsi que cette souche est aussi très efficace dans des conditions de compétition réelle. L'influence de *T. delbrueckii* sur la FML a également été observée avec l'utilisation de la souche OoCH11. Des différences significatives ont été aussi observées quant aux durées des FML spontanées : les vins témoins ont mis 7 jours pour commencer la FML, tandis que les vins TdP ont mis 4 jours et pour les vins TdV seulement 3 jours. Concernant la durée totale de FML, les vins TdP et TdV ont eu des FML plus courtes : 15 jours pour les vins TdP, 16 jours pour les vins TdV, et 20 jours pour les vins Témoins (Figure 4).

L'effet de *T. delbrueckii* sur la FML est associé à divers facteurs qui contribuent à améliorer l'efficacité d'*O. oeni*[1]. Dans la présente étude, bien qu'il n'y ait aucune différence dans les niveaux d'éthanol ou de pH, la meilleure performance du MLF peut être attribuée à une réduction des MCFA (acides gras à chaîne moyenne), connus pour être toxiques pour *O. oeni*[5], ou à une augmentation de l'ammonium et des mannoprotéines. Outre les aspects nutritionnels, l'augmentation des mannoprotéines

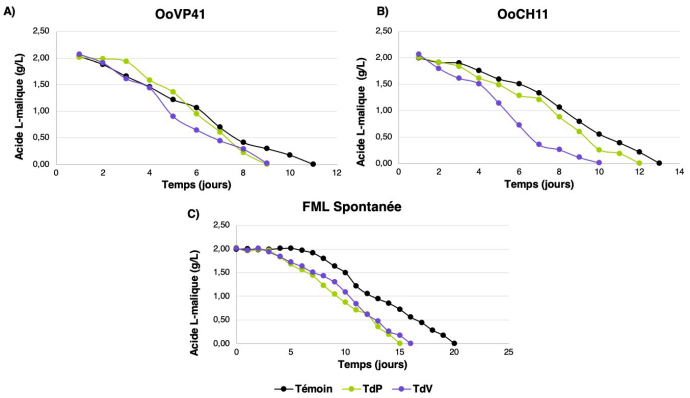


FIGURE 4. Consommation de l'acide L-malique par *Oenococcus oeni* lors de la fermentation malolactique : (A) correspond à la FML avec OoVP41, (B) correspond à la FML avec OoCH11 et (C) correspond à la FML spontanée. Témoin correspond au moût fermenté uniquement par Sc ; TdP et TdV correspondent respectivement à des fermentations avec *T. delbrueckii* Prelude et Viniferm. Toutes les données sont exprimées sous forme de moyenne arithmétique de trois répétitions biologiques ± écart type (n = 3).

pourrait être liée à la réduction des MCFA, puisqu'ils pourraient absorber ces lipides, détoxifiant ainsi l'environnement[6].

Conclusions

Bien que dans la présente étude les paramètres physico-chimiques généraux soient restés constants, la présence de *T. delbrueckii* dès le début de l'encuvage des raisins a influencé de manière significative les paramètres de couleur et d'arôme, augmentant la teneur en anthocyanes et les niveaux d'acétate d'isoamyle, en particulier avec la souche TdP. Lors de l'évaluation sensorielle, différents arômes ont été perçus : les vins TdV présentant des notes plus prononcées de fruits rouges, de banane et d'herbe fraîche.

Concernant la FML, *T. delbrueckii* a amélioré les performances des LAB, notamment en FML spontanée, commençant plus tôt et nécessitant moins de temps. L'inoculation avec OoVP41 a entraîné une réduction significative de deux jours de la durée de la FML. Ces résultats mettent en évidence les avantages potentiels de l'utilisation de souches de *T. delbrueckii* pour améliorer l'efficacité de la FML et les attributs sensoriels des vins de macération carbonique.

Cette approche est particulièrement utile dans les régions viticoles des latitudes septentrionales, caractérisées par des climats plus froids et des niveaux d'acidité plus élevés. Par conséquent, la FML peut devenir nécessaire dans ces régions pour obtenir les caractéristiques souhaitées. De plus, la proposition d'inoculation de *T. delbrueckii* contribuerait à enrichir le profil sensoriel de ces vins, garantissant une plus grande qualité et des caractéristiques organoleptiques différentes. ■

Financement : *Ce travail a été financé par la subvention PGC2018-503 101852-B-I00 décernée par l'Agence espagnole de recherche. CRV est reconnaissante pour la bourse pré-doctorale du gouvernement catalan (2020FI).*

Source: *Article prenant sa source de l'article de recherche "Torulaspora delbrueckii Improves Organoleptic Properties and Promotes Malolactic Fermentation in Carbonic Maceration Wines" (Fermentation, 2023).*

1 Balmaseda, A., Rozès, N., Bordons, A., & Reguant, C (2023). The Use of *Torulaspora delbrueckii* to Improve Malolactic Fermentation. *Microb Biotechnol*, https://doi.org/10.1111/1751-7915.14302

2 Tesniere, C.; Flanzy, & C. Carbonic (2011). Maceration Wines: Characteristics and Winemaking Process. In *Advances in Food and Nutrition Research*, Academic Press Inc., Vol. 63, pp. 1–15.

3 Fulcrand, H., Benabdeljalil, C., Rigaud, J., Cheynier, R., & Moljtounet, M. A (1997). New Class of Wine Pigments Generated by Reaction between Pyruvic Acid and Grape Anthocyanins. *Phytochemistry*, 47, 1401–1407.

4 Ruiz-de-Villa, C., Poblet, M., Bordons, A., Reguant, C., & Rozès. N. (2023). Comparative Study of Inoculation Strategies of *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* on the Performance of Alcoholic and Malolactic Fermentations. in an Optimized Synthetic Grape Must. *Int J Food Microbiol*, 404, https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110367

5 Capucho, I. and San Romão, M.V (1994). Effect of Ethanol and Fatty Acids on Malolactic Activity of *Leuconostoc oenos*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 42, 391–395.

6 Lafon-Lafourcade, S., Geneix, C., & Ribéreau-Gayon, P. (1984). *Inhibition of Alcoholic Fermentation of Grape Must by Fatty Acids Produced by Yeasts and Their Elimination by Yeast Ghosts*, Vol. 47.