

INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Vinificación de uvas tannat y marselan con levaduras autóctonas libres e inmovilizadas

Vinification of tannat and marselan grapes with free and immobilized native yeasts

Carina Alejandra Solda | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

carina.solda@uner.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-8749-0684>

Cristina Verónica Davies | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

María Gabriela Dalzotto | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

María Verónica Fernández Martínez | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

Maria Belén Corrado | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

Liliana Mabel Gerard | Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron en primer lugar comparar el comportamiento de una levadura enológica comercial con una autóctona (*S. cerevisiae* OQ520880) en mostos sintéticos, inoculadas tanto en sistemas de células libres como inmovilizadas, luego evaluar el desarrollo de la última durante la vinificación de uvas Tannat y Marselan (vendimia

Recibido: 29/03/2025 | Aceptado: 08/05/2025 | Publicado: 06/06/2025

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



2022) en ambos sistemas y por último, determinar las características fisicoquímicas de los vinos obtenidos. Se realizó la caracterización de estos varietales y ensayos de inmovilización celular en diferentes combinaciones, para determinar aquella que presentara mayor velocidad global de consumo de sustrato. La combinación elegida fue 0,5%(m/v) de alginato de sodio y 0,5%(m/v) de cloruro de calcio. Se obtuvieron vinos con graduaciones alcohólicas de 11,90-13,25%(v/v), con características antioxidantes diferentes entre ellos, lo que muestra la relevancia de conocer los varietales de la región para optimizar prácticas que favorezcan la tipicidad de los vinos obtenidos.

ABSTRACT

The objectives of this study were to compare the behavior of a commercial enological yeast and a native strain (*S. cerevisiae* OQ520880) in synthetic musts, both in free-cell and immobilized systems, to evaluate the development of the native strain during the winemaking of Tannat and Marselan grapes (2022 vintage) according to both systems and to determine the physicochemical characteristics of the wines obtained. The characterization of these varietals and cell immobilization tests were carried out in different combinations to determine the one with the highest overall substrate consumption rate. The combination of 0.5%(m/v) sodium alginate and 0.5%(m/v) calcium chloride was used for cell immobilization. Wines with 11.90-13.25%(v/v) alcohol content were obtained, with different antioxidant characteristics, which shows the relevance of knowing the varietals of the region to optimize practices that favor the typicity of the wines obtained.

Palabras clave: vinos regionales, sistemas de fermentación, *Sacharomyces cerevisiae* OQ520880

Keywords: regional wines, fermentation systems, *Sacharomyces cerevisiae* OQ520880

INTRODUCCIÓN

Argentina produjo en 2024, más de 14 millones de hectolitros de vino, de los cuales 7 millones corresponden a la elaboración de vinos tintos. En la vendimia de ese año, las provincias productoras tradicionales registraron aumentos en la producción de uvas respecto del año anterior, donde en Mendoza fue del 45,7%, San Juan 7,2% y La Rioja 9,9%, mientras que este porcentaje aumentó en un 67,5% en Entre Ríos (INV, 2024). La producción de uvas para vinificación en la región entrerriana fue de 1710 quintales en esa vendimia y se destinaron a establecimientos elaboradores dentro de la provincia (61%) y en Córdoba (39%). Los varietales mayormente producidos fueron Tannat (536 quintales), Marselan (417 quintales), Merlot (320 quintales) y Malbec (301 quintales). Lo producido en la ciudad de Concordia en este año, representó más del 50% del total provincial, correspondiendo 372 quintales a la variedad Tannat, 255 a Merlot y 253 a Marselan. De

estos volúmenes de producción, el 25% fue procesado en bodegas entrerrianas y el resto en la mencionada provincia de Córdoba (INV, 2024).

Las exigencias de un mercado nacional e internacional cada vez más competitivo y la demanda de consumidores con nuevos estilos, imponen a los viticultores y enólogos la constante búsqueda de oportunidades de mejora de los procesos de elaboración y de desarrollo de estrategias de diferenciación. El uso de levaduras autóctonas seleccionadas de cada área vitícola, es una práctica que se va extendiendo por su mejor adaptación a las características ecológicas y tecnológicas del lugar, además de garantizar vinos con propiedades diferenciales de la región y preservando su biodiversidad natural (Miranda Castillejo et al, 2015; Alonso González & Parga Dans, 2019; Lappa et al, 2020; Zabukovec et al 2020). La diversidad de levaduras locales está asociada con complejidad e identidad más fuerte del vino producido, en comparación con el obtenido por fermentación con cepas de levadura comerciales (Bougreau et al., 2019).

El proceso de vinificación en tinto se lleva a cabo tradicionalmente en sistema sumergido con células libres de levaduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae* (Moreno García et al., 2018). Sin embargo, en los últimos años, la inmovilización celular específica para la vinificación se ha estudiado ampliamente debido a las ventajas técnicas y económicas que dichos sistemas pueden ofrecer sobre los sistemas celulares libres. En las últimas décadas los métodos de inmovilización de microorganismos se han estado aplicando con éxito en la producción de alcoholes, ácidos orgánicos y enzimas (Liouni et al., 2008; Reddy et al., 20018; López-Mencheró et al., 2021). Se ha documentado el uso de levaduras inmovilizadas en diversos materiales formadores de gel como alginato de calcio, agar, carragenano, materiales celulósicos y ácido péctico en la vinificación, donde la inmovilización por atrapamiento en geles de alginato de calcio es el sistema más utilizado. Este último caso ofrece varias ventajas sobre el uso de células libres como una mayor productividad (Djordjević et al., 2015; Bokkhim et al., 2018; López-Mencheró et al., 2021), mayor eficiencia funcional con altas concentraciones de células en el reactor, fácil separación de las células inmovilizadas en el tanque de sedimentación, fase de latencia corta y mayor estabilidad del sistema de fermentación. También se ha observado una elevada tasa de supervivencia y buenas condiciones para el almacenamiento, lo que permitiría reducir costos relacionados con el uso de levaduras liofilizadas (Kim et al., 2017; Kim et al., 2018).

Las uvas son una de las principales fuentes de compuestos fenólicos, importantes por sus propiedades nutricionales y farmacológicas, debidas a su actividad antioxidante (Šeruga et al., 2011; Mulero et al., 2015; Kandyliis et al., 2021; Zhou et al., 2022). Se han reportado diferencias en los contenidos de fenoles entre uvas del mismo color, atribuibles a la variedad y no a diferencias climáticas o geográficas (Franco-Bañuelos et al., 2017). Las condiciones climáticas son particularmente importantes para el cultivo de la vid; el calor, las sequías y la intensidad luminosa son algunos factores ambientales que influyen en el metabolismo fenólico y en el desarrollo de la composición química de la uva (Texeira et al., 2013).

En la etapa de maceración de los vinos, la piel y las semillas en contacto con el mosto en fermentación permiten una elevada tasa de extracción de antocianinas, taninos y polifenoles (Bichescu et al., 2018). Tanto durante la maceración como en la fermentación, se dan cambios en la composición polifenólica que ocurren debido a la participación de estos compuestos en diversas reacciones como la copigmentación, cicloadición, polimerización y oxidación. Estas reacciones comienzan después del macerado de la uva, seguido de fermentación y envejecimiento, contribuyendo a las propiedades sensoriales de los vinos, principalmente color y sensación en boca (Hornedo-Ortega et al., 2020).

Las antocianinas son de gran importancia en los vinos debido a su doble función: constituyen una parte integral de los atributos sensoriales porque sus diversas formas y derivados impactan directamente en la coloración del producto final y, además, se les reconocen diversas propiedades biológicas y, por lo tanto, se consideran metabolitos secundarios con potencial valor nutricional (Kallithraka et al., 2005). La evolución de estos compuestos durante la fermentación alcohólica se ha estudiado en diferentes variedades como Bobal en España, Syrah, Tannat y Marselán en Uruguay, Merlot y Cabernet en Colombia, mientras que los estudios en Argentina están referidos sólo a variedades de las regiones cuyanas (Vila et al., 2009; Agazzi et al., 2018; Osorio-Macías et al., 2018).

Los objetivos de este trabajo fueron comparar el comportamiento de una levadura comercial y de una autóctona, aislada previamente por el grupo de investigación del Laboratorio de Microbiología y Biotecnología de Alimentos, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas en mostos sintéticos, en sistemas libres e inmovilizados, luego evaluar el desarrollo de la última durante la vinificación de uvas Tannat y Marselan en ambos sistemas y por último, determinar las características fisicoquímicas de los vinos obtenidos.

METODOLOGÍA

Caracterización de la materia prima

Se recolectaron uvas de las variedades Tannat (T) y Marselan (M) de la vendimia 2022, de una finca ubicada en la zona rural de La Criolla, al oeste del departamento Concordia, Entre Ríos (latitud $-31^{\circ}14'39''$, longitud $-58^{\circ}07'17''$). Se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica mediante determinaciones de acidez total (TA) expresada en g de ácido tartárico/L (método alcalimétrico), cuantificación de sólidos solubles (SS) expresados como $^{\circ}\text{Bx}$ (método refractométrico) y pH (método potenciométrico). Para la determinación de compuesto fenólicos y actividad antioxidante se realizó una extracción previa (Zapata, 2014) y se determinaron antocianinas totales (AT) por el método de pH diferencial (Giusti & Wrolstad, 2001), fenoles totales (FT) por el método basado en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (Saura-Calixto, 1998) y actividad antioxidante según los métodos del radical ABTS $^{•+}$ (Re et al, 1999) y del radical DPPH $^{•}$ (Brand-Williams et al., 1995). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Ensayos para optimizar la inmovilización de levaduras

Para los primeros ensayos de optimización de la etapa de inmovilización celular se utilizó una levadura comercial liofilizada *S. cerevisiae* IOC 18-2007 (Institut Oenologique de Champagne). Se inoculó al 0,04% en caldo YPD (1% extracto de levadura, 2% peptona, 2% glucosa) y se incubó a 30°C durante 24 horas. Un volumen de 10 ml de inóculo se mezcló luego con la cantidad requerida de alginato de sodio mediante agitador magnético para obtener una suspensión uniforme. Usando una jeringa hipodérmica estéril 22G 1", la suspensión de levaduras se dejó caer gota a gota a 50 mL de solución de cloruro de calcio. Las esferas se dejaron en reposo 30 min y luego se filtraron para usarse como inóculo (Kim et al., 2017; Kim et al., 2018; Utami et al., 2022). Se utilizó como medio de cultivo 90 mL de una solución de glucosa (10 °Bx), y se inoculó con 10 mL de levaduras inmovilizadas previamente activadas en YPD (24 h, 30°C), en las combinaciones previamente acordadas (alginato de sodio 0,5, 1,0 y 1,5 %m/v y cloruro de calcio 0,5, 1,0, 1,5 y 2,0 %m/v). Como control se inoculó un medio con levadura sin inmovilizar en igual proporción. Tanto las soluciones de alginato como las de cloruro se esterilizaron previamente a 121°C/15 min. Se llevaron a cabo ensayos en condiciones aeróbicas (oxidación (O)) y anaeróbicas (fermentación (F)). Con el fin de seleccionar el sistema en el que se consiguió la mayor velocidad de fermentación, se tomó como referencia el descenso de SS y se calculó la velocidad de consumo de sustrato.

Ensayos con levadura autóctona

Se utilizó una levadura autóctona aislada de mostos de uvas Tannat, seleccionada por sus características enológicas, caracterizada e identificada como *S. cerevisiae*, cuya secuencia está depositada en el GenBank con el código OQ520880. La misma se activó en caldo YPD a 30°C durante 24 h antes de su utilización. Luego de la activación, se inoculó en el mismo medio y se incubó a 30°C durante 48 h con agitación para su propagación. Se procedió de igual manera que con las levaduras comerciales, ensayando tanto O como F, en la combinación de sustancias inmovilizantes previamente determinada como adecuada. Se utilizó como medio de cultivo 90 mL de una solución de glucosa (10 °Bx). Para realizar el seguimiento de los sistemas se tomó como referencia el descenso de SS. Se comparó el comportamiento respecto de *S. cerevisiae* IOC 18-2007.

Desarrollo de las fermentaciones en mostos de uvas

Para el ensayo se dispuso de la cepa de levadura aislada de uvas de la variedad Tannat mencionada previamente. El experimento consistió en el desarrollo de cuatro sistemas de fermentación alcohólica con una réplica: cada variedad (Tannat y Marselan) se sometió a vinificación tanto con células libres (L) como inmovilizadas (I) planteando así un diseño experimental 2². Para iniciar la etapa de vinificación, los sustratos fueron preparados mediante el descongelamiento de la fruta, su posterior estrujado y sulfitado a razón de 200 ppm (Stockley et al., 2021). El cultivo iniciador se utilizó tanto en estado libre como inmovilizado, de acuerdo a las condiciones seleccionadas en etapas anteriores. La fermentación alcohólica se realizó en cultivo sumergido a 25-28°C hasta la detención de la fermentación, con remontados periódicos.

Seguimiento de las fermentaciones

Diariamente se determinaron SS (método refractométrico) y pH (método potenciométrico). Una vez finalizada la fermentación, para caracterizar los vinos obtenidos se determinó: graduación alcohólica (GA) por destilación de acuerdo al método de la OIV (Organización Internacional de la Viña y el Vino), y expresada en % v/v, TA expresada como g ácido tartárico/L y acidez volátil (AV) expresada como g ácido acético/L. Por último, se analizaron fenoles totales, antocianinas totales y actividad antioxidante en los productos finales, de acuerdo a los métodos descriptos anteriormente.

Tratamiento de datos

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), empleando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Cuando se observaron diferencias significativas se aplicó test de LSD. Se utilizó software estadístico Statgraphics Centurion XV Corporate.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica de uvas

La caracterización fisicoquímica de las variedades de uvas empleadas se muestra en la Tabla 1. Los valores determinados de TA para la variedad T son inferiores a los informados por otros autores para la misma variedad en otras regiones (6,26-9,29 g ácido tartárico/L (González-Neves et al., 2004); 5,56-7,42 g ácido tartárico/L (Favre et al., 2020); 6,41-12,95 g ácido tartárico/L (Piccardo et al., 2021)).

TA determinada para la variedad M fue del orden de la reportada por otros autores ((6,97 y 6,05 g ácido tartárico/L) Favre et al., 2020), quienes además compararon las características entre uvas Tannat y Marselan para las vendimias 2015 y 2016, y observaron diferencias intra y entre variedades, dependiendo del periodo de cosecha.

Se observan diferencias significativas en los porcentajes de SS, pero son del orden de los mostrados en los trabajos mencionados, al igual que los valores de pH (González-Neves et al., 2004; Favre et al., 2020; Piccardo et al., 2021). Estas diferencias podrían atribuirse no sólo al varietal, sino también a las condiciones de maduración (Piccardo et al., 2021).

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos en uvas Tannat y Marselan de la vendimia 2022

Variedad de uva	Acidez total (g ácido tartárico.L ⁻¹)	%Sólido Solubles (°Bx)	pH
Tannat	4,59±0,38 ^a	21,80±0,10 ^a	3,87±0,01 ^a
Marselan	6,37±0,22 ^b	22,93±0,40 ^b	3,92± 0,01 ^a

Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; $p \leq 0,05$)

La Tabla 2 exhibe el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de las uvas estudiadas. Los valores de FT determinados para ambos varietales no exhiben diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero son mayores que los informados para otras variedades de uvas tintas, de acuerdo a autores que usaron el mismo método de extracción y cuantificación (Ribarova et al., 2005; Du et al., 2012; Franco-Bañuelos et al., 2017). Sin embargo, otros trabajos reportan para otras uvas tintas, valores mayores a los determinados en este estudio (Zarrouk et al., 2012; Ramón & Gil-Garzón, 2021). Las concentraciones de AT, sin embargo, se muestran diferentes entre ambas variedades, lo que podría indicar diferente composición del perfil fenólico. Las diferencias entre uvas del mismo color pueden atribuirse a la variedad, ya que no hubo diferencias climáticas o geográficas, coincidiendo con lo informado en otro estudio (Franco-Bañuelos et al., 2017).

La actividad antioxidante fue evaluada mediante dos métodos (ABTS y DPPH). Según el método ABTS, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las uvas de variedades estudiadas. El método DPPH mostró sin embargo diferencias significativas entre las mismas.

Tabla 2: Concentración de fenoles totales (FT), antocianinas totales (AT) y actividad antioxidante (ABTS y DPPH) en las variedades estudiadas para la vendimia 2022

Variedad de uva	FT (mg GAE.100 g ⁻¹)	AT (mg malvidina-3-glu- córido.1000 g ⁻¹)	ABTS (mg EAA.100g ⁻¹)	DPPH (mg EAA.100g ⁻¹)
Tannat	1505,43± 48,78 ^a	1305,51 ± 8,11 ^b	792,00± 1,66 ^a	527,49±52,57 ^a
Marselan	1515,11±112,89 ^a	626,46±51,07 ^a	806,68 ±23,06 ^a	607,05±29,09 ^b

Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; p≤0,05)

Ensayos para optimizar inmovilización de levaduras

Se realizaron ensayos destinados a determinar las concentraciones de sustancias inmovilizantes, en distintas condiciones (O y F) que optimicen el comportamiento metabólico de la levadura comercial inmovilizada (Tabla 3). Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los procesos, mostrando los sistemas fermentativos, mayores velocidades de consumo de sustrato para las combinaciones que contenían 0,5% de alginato de sodio y 0,5 y 1,0% de cloruro de calcio.

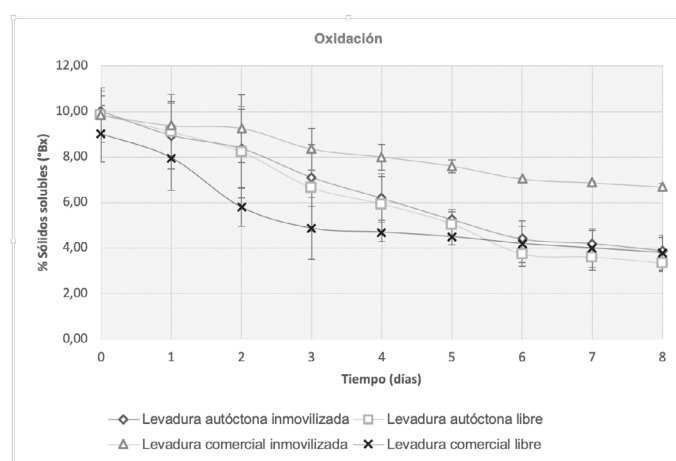
Tabla 3: Ensayos de oxidación y fermentación con levadura comercial para distintas combinaciones de sustancias inmovilizantes

Proceso	Combinación %alginato-%CaCl ₂	Velocidad de consumo de sustrato (gS.L ⁻¹ .d ⁻¹)
Oxidación	0,5-0,5	9,17 ± 0,26 ^e
	0,5-1,0	7,79 ± 0,08 ^b
	0,5-1,5	7,29 ± 0,08 ^a
	0,5-2,0	8,59 ± 0,32 ^{cd}
	Control	9,13 ± 0,13 ^e
Fermentación	0,5-0,5	8,96 ± 0,29 ^{de}
	0,5-1,0	8,92 ± 0,26 ^{de}
	0,5-1,5	8,25 ± 0,45 ^{bc}
	0,5-2,0	8,29 ± 0,44 ^c
	Control	8,63 ± 0,21 ^{cd}

Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; $p \leq 0,05$)

Ensayos con *Sacharomyces cerevisiae* OQ520880

Con estos resultados, se priorizaron los aspectos económicos para los siguientes ensayos, por lo que la combinación de sustancias inmovilizantes adoptada fue la que contenía alginato al 0,5% y cloruro de calcio al 0,5%. Se comparó el comportamiento de *S. cerevisiae* OQ520880 respecto del de *S. cerevisiae* IOC 18-2007. Los resultados se muestran en las Figuras 1 y 2.

**Figura 1: Comparación de procesos oxidativos entre levadura comercial y levadura autóctona**

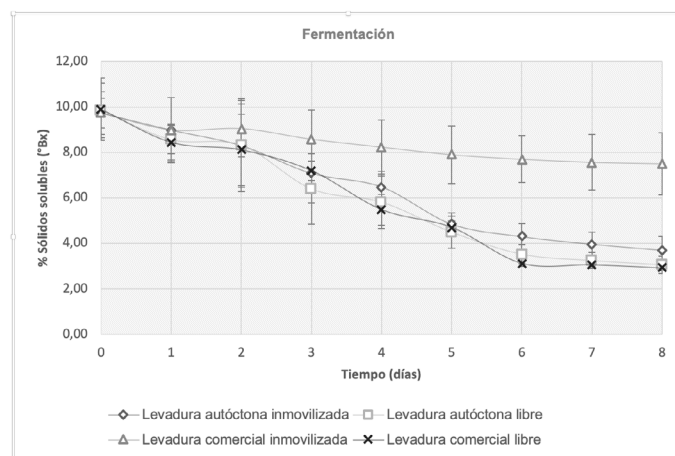


Figura 2: Comparación de procesos fermentativos entre levadura comercial y levadura autóctona

Se observó que *S. cerevisiae* OQ520880 libre, metabolizó los azúcares aeróbicamente con una velocidad similar a la comercial, sin embargo, en condiciones de inmovilización mostró una mayor velocidad de consumo de sustrato. En condiciones fermentativas, la levadura autóctona exhibió una mayor capacidad de metabolizar azúcares frente a la levadura comercial, ambas inmovilizadas.

Desarrollo y seguimiento de las fermentaciones

Luego se prepararon los sistemas planificados según el diseño experimental 2², para los cuales se utilizaron botellas de vidrio color caramelo de 750 mL donde se desarrollaron los cuatro sistemas de fermentación alcohólica con una réplica: cada variedad (T y M) se sometió a vinificación tanto con células libres (L) como inmovilizadas (I) (Figura 3).



Figura 3: Sistemas libres e inmovilizados para las variedades Tannat y Marselan con *S. cerevisiae* OQ520880.

Caracterización de vinos obtenidos

La caracterización fisicoquímica de los vinos obtenidos se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Caracterización fisicoquímica de vinos obtenidos según el diseño experimental analizado.

Varietal y sistema	GA (%v/v)	TA (g ácido tartárico/L)	AV (g ácido acético/L)
TL	12,85 ± 2,22 ^a	7,84±0.65 ^{ab}	0,17±0,03 ^a
TI	13,08 ± 2,48 ^a	7,27±1.32 ^a	0.17±0,02 ^a
ML	11,90 ± 1,41 ^a	8,99±0.22 ^b	0,24±0,03 ^b
MI	13,25 ± 2,14 ^a	8,22±0.22 ^{ab}	0,18±0,02 ^{ab}

Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; $p \leq 0,05$)

Los valores de graduación alcohólica son del orden de los reportados por otros autores para las mismas variedades (González-Neves et al., 2015; González-Neves & Piccardo, 2019; Pozzatti et al., 2020; Alves et al., 2022) y no exhiben diferencias significativas entre ellos. Los valores de TA son más altos (principalmente para M) que los indicados en bibliografía (Nazralla et al., 2009) donde expresan que la mayoría de los vinos argentinos, provenientes de uvas sanas y maduras presentan valores de acidez total de entre 5 y 7 g L⁻¹ expresada en ácido tartárico. AV exhibe valores mayores en la variedad M y estos se encuentran dentro de los valores adecuados para este tipo de producto (1,2±0,2 g ácido acético/L) según el INV (Instituto Nacional de Vitivinicultura).

La actividad antioxidante de los vinos, por el método ABTS, mostró diferencias entre los cuatro sistemas, siendo mayores los valores determinados en vinos realizados con uvas de la variedad Tannat, tanto para el sistema libre como el inmovilizado. En cuanto al método DPPH, el vino obtenido con uvas de la variedad Tannat en sistema libre, presentó valores diferentes y superiores, respecto del resto de los sistemas. Los valores de fenoles totales son menores para los sistemas inmovilizados y no muestran diferencias significativas entre ellos, mientras que valores mayores se registraron para los sistemas libres que a la vez sí exhiben diferencias estadísticamente significativas. Para los sistemas libres o tradicionales, los valores son similares a los reportados por otros autores para vinos elaborados con uvas de las mismas variedades. En Uruguay, vendimia 2011 Tannat: 1220 ± 99 mg GAE.L⁻¹ y Marselan: 1325 ± 42 mg GAE.L⁻¹ [47]; vendimia 2013 Tannat: 1361 ± 18 mg GAE.L⁻¹ y Marselan: 1375 ± 22 mg GAE.L⁻¹ [46]; vendimia 2014 Tannat: 1727 ± 39 mg GAE.L⁻¹ y Marselan: 1109 ± 3 mg GAE.L⁻¹ (González-Neves et al., 2015). En cuanto al contenido de antocianinas, se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas y la reducción de las mismas respecto al contenido inicial en las uvas se puede atribuir a fenómenos de copolimerización ocurridos durante la fermentación que acompañan a la disminución de la concentración de antocianos monoméricos (González-Neves & Piccardo, 2019) (Tabla 5). Estos resultados permiten comprobar la riqueza fenólica ya reportada para vinos Tannat y Marselan de otras regiones.

Tabla 5: Contenido de fenoles totales, antocianinas totales y actividad antioxidante.

Varietal y sistema	FT (mg GAE.100 g ⁻¹)	AT (mg malvidina-3-glucósido.1000 g ⁻¹)	ABTS (mg EAA.100g ⁻¹)	DPPH (mg EAA.100g ⁻¹)
TL	1575,18 ± 42,16 ^c	72,39 ± 2,75 ^a	359,48 ± 9,54 ^b	113,83 ± 3,05 ^b
TI	1125,91 ± 100,21 ^a	82,85 ± 2,28 ^c	315,43 ± 91,83 ^{ab}	56,12 ± 5,76 ^a
ML	1300,51 ± 99,67 ^b	76,03 ± 3,57 ^{ab}	282,99 ± 8,99 ^a	51,31 ± 4,00 ^a
MI	1119,02 ± 104,63 ^a	78,84 ± 2,31 ^b	282,16 ± 29,26 ^a	53,88 ± 5,66 ^a

Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; $p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

La combinación de sustancias inmovilizantes adoptada fue la que contenía alginato al 0,5% y cloruro de calcio 0,5%, ya que fue una de las que presentó mejores rendimientos y menores costos.

En medio sintético, se observó que *S. cerevisiae* OQ520880 en estado libre, metabolizó los azúcares aeróbicamente con una velocidad similar a *S. cerevisiae* IOC 18-2007, sin embargo, en condiciones de inmovilización mostró una mayor velocidad de consumo de sustrato. Al evaluar fermentaciones, *S. cerevisiae* OQ520880 exhibió una mayor capacidad de metabolizar azúcares frente a la levadura comercial, ambas inmovilizadas. En mostos de uvas, la mayor velocidad de consumo de sustrato fue la exhibida *S. cerevisiae* OQ520880 inmovilizadas en la variedad Tannat, lo que se puede atribuir a que las levaduras fueron aisladas de uvas de esta variedad.

Los vinos obtenidos con la levadura autóctona *S. cerevisiae* OQ520880, tanto en sistemas libres como inmovilizados para ambas variedades de uvas, presentaron GA y AV acorde a las especificaciones del INV, mientras que AT fue levemente mayor para la variedad M. Los sistemas inmovilizados exhibieron menor contenido fenólico que los libres, y la variedad T una mayor actividad antioxidante de acuerdo a los métodos empleados.

Los resultados indican que *S. cerevisiae* OQ520880 puede ser utilizada como inóculo para obtener vinos de los varietales estudiados, ya que se adapta rápidamente al sustrato en diferentes condiciones y al ser aislada de uvas de la región, puede aportar tipicidad y perfiles de sabor distintivos a los vinos. Es necesario, a continuación, realizar estudios sensoriales para evaluar el impacto de estas prácticas en los vinos obtenidos. Este trabajo preliminar abre el camino a ensayos más amplios, centrados a mayor escala y en condiciones de añejamiento, para contribuir a definir la identidad de los vinos de la región.

REFERENCIAS

- Agazzi, F. M., Nelson, J., Tanabe, C. K., Doyle, C., Boulton, R. B., & Buscema, F. (2018). Aging of Malbec wines from Mendoza and California: Evolution of phenolic and elemental composition. *Food Chemistry*, 269, 103-110.
- Alonso González P. & Parga Dans E. (2019) La vuelta al terroir: el despertar de la cultura del vino en España. *Rivar*, 6 (17): 62-89. ISSN 0719-4994.
- Alves, C. A. N., Biasoto, A. C. T., Torres, L. H. P. D. S., Corrêa, L. C., Leao, P. C. D. S., Barros, A. P. A., & De Vasconcelos, L. B. (2022). Chemical typicity of tropical tannat red wines from sub-middle São Francisco Valley, Brazil. *Journal of Food Science and Technology*, 59(9), 3578-3590.
- Bichescu, C., & Stanciu, S. (2018). The influence of oenological tannins on the fermentation and color stability of a Romanian red wine. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(10):1-11.
- Bokkhim, H., Neupane, P., Gurung, S., & Shrestha, R. (2018). Encapsulation of *Saccharomyces cerevisiae* in alginate beads and its application for wine making. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 10, 18-23.
- Bougreau, M., Ascencio, K., Bugarel, M., Nightingale, K., & Loneragan, G. (2019). Yeast species isolated from Texas High Plains vineyards and dynamics during spontaneous fermentations of Tempranillo grapes. *PloS one*, 14(5), e0216246.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, en: *LWT- Food Science and Technology*, 22(1): 25-30
- Djordjević, R., Gibson, B., Sandell, M., Billerbeck, M., Bugarski, B., Leskošek-Čukalović, I., Vunduk, J., Nikićević, N., Nedović, V. (2015). Raspberry wine fermentation with suspended and immobilized yeast cells of two strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast*, 32, 271-279.
- Du, B., He, B. J., Shi, P. B., Li, F. Y., Li, J., & Zhu, F. M. (2012). Phenolic content and antioxidant activity of wine grapes and table grapes. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(17), 3381-3387.
- Favre, G., Piccardo, D., Sergio, G. A., Pérez-Navarro, J., García-Romero, E., Mena-Morales, A., & González-Neves, G. (2020). Stilbenes in grapes and wines of Tannat, Marselan and Syrah from Uruguay. Bordeaux, France. *OENO One*, 54(1), 27-36.
- Franco-Bañuelos, A., Contreras-Martínez, C. S., Carranza-Téllez, J., & Carranza-Concha, J. (2017). Total phenolic content and antioxidant capacity of non-native wine grapes grown in Zacatecas, Mexico. *Agrociencia*, 51(6), 661-671.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, Unit F1.2, 1-13.
- González-Neves, G., & Piccardo, G. F. Y. D. (2019). Composition of red wines made by alternative winemaking procedures. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 15). EDP Sciences SA.

- González-Neves, G., Barreiro, L., Gil, G., Franco, J., Ferrer, M., Moutounet, M., Carbonneau, A. (2004). Anthocyanic composition of Tannat grapes from the south region of Uruguay. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.078>
- González-Neves, G., Favre, G., Piccardo, D., Ferrer, M., & Echeverría, G. (2015). Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia* (Uruguay), 19(1), 57-68.
- Hornedo-Ortega, R., González-Centeno, M.R., Chira, K., Jourdes, M. & Teissedre, P.L. (2020) Phenolic Compounds of Grapes and Wines: Key Compounds and Implications in Sensory Perception. En: Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging, Cosme F., Nunes F.M. y Filipe-Ribeiro L. (Eds.), IntechOpen, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93127>
- INV: Informe anual de cosecha y elaboración 2024. Available from: <https://www.argentina.gob.ar/inv/estadisticas-vitivincolas/cosecha/anuarios> . Fecha de consulta: 03/12/2024.
- Kallithrakaa, S., Mohdalya, A., Makrisb, D., & Kefalas, P. (2005) Determination of major anthocyanin pigments in Hellenic native grape varieties (*Vitis vinifera* sp.): association with antiradical activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 375– 386.
- Kandylis, P. (2021). Grapes and their derivatives in functional foods. *Foods*, 10(3), 672.
- Kim, D., Lee, S., Park, H. (2017). Effect of air-blast drying and the presence of protectants on the viability of yeast entrapped in calcium alginate beads with an aim to improve the survival rate. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101 (1): 93-102.
- Kim, D., Lee, S., Park, H. (2018). Fermentation characteristics of Campbell Early grape wine inoculated with indigenous Korean wine yeasts encapsulated in Ca-alginate beads after air-blast drying. *Italian Journal of Food Science*, 30: 535-552.
- Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Pateraki, C., Koulougliotis, D., Eriotou, E., & Kopsahelis, N. (2020). Indigenous yeasts: Emerging trends and challenges in winemaking. *Current Opinion in Food Science*, 32, 133-143.
- Liouni, M., Drichoutis, P., & Nerantzis, E. T. (2008). Studies of the mechanical properties and the fermentation behavior of double layer alginate–chitosan beads, using *Saccharomyces cerevisiae* entrapped cells. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(2):281-288.
- López-Mencheró, J. R., Ogawa, M., Mauricio, J. C., Moreno, J., & Moreno-García, J. (2021). Effect of calcium alginate coating on the cell retention and fermentation of a fungus-yeast immobilization system. *LWT*, 144, 111250.
- Miranda-Castilleja, D. E., Ortiz-Barrera, E., Arvizu-Medrano, S. M., Ramiro-Pacheco, J., Aldrete-Tápia, J. A., & Martínez-Peniche, R. Á. (2015). Aislamiento, selección e identificación de levaduras *Saccharomyces spp.* nativas de viñedos en Querétaro, México. *Agrociencia*, 49(7): 759-773.
- Moreno-García, J., García-Martínez, T., Mauricio, J. C., & Moreno, J. (2018). Yeast immobilization systems for alcoholic wine fermentations: actual trends and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 9:241.

- Mulero, J., Martínez, G., Oliva, J., Cermeño, S., Cayuela, J. M., Zafrilla, P., & Barba, A. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of red wine made from grapes treated with different fungicides. *Food Chemistry*, 180: 25-31.
- Nazralla, J. J. B., Paladino, S. C., Vila, H. F., & Lucero, C. C. (2009). *Manual de técnicas analíticas para mostos y vinos*. Ediciones INTA.
- Osorio-Macías, D. E., Vásquez, P., Carrasco, C., Bergenstahl, B., & Peñarrieta, J. M. (2018). Resveratrol, phenolic antioxidants, and saccharides in South American red wines. *International Journal of Wine Research*, 10, 1-11.
- Piccardo, D., Zamora, F., & González-Neves, G. (2021). Desarrollo y evaluación de alternativas tecnológicas para reducir el contenido de alcohol y el pH de vinos tintos. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (20), 24-33.
- Pozzatti, M., Guerra, C. C., Martins, G., Dos Santos, I. D., Wagner, R., Ferrão, M. F., & Manfro, V. (2020). Effects of winemaking on marselan red wines: volatile compounds and sensory aspects.
- Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Effect of the Operating Parameters of the Ultrasound-Assisted Extraction on the Obtention of Grape Polyphenols: A Review. *Tecnológicas*, 24(51), 263-277.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.
- Reddy, L. V., Reddy, Y. H. K., Reddy, L. P. A., & Reddy, O. V. S. (2008). Wine production by novel yeast biocatalyst prepared by immobilization on watermelon (*Citrullus vulgaris*) rind pieces and characterization of volatile compounds. *Process Biochemistry*, 43(7): 748-752.
- Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *JU Chem. Metal*, 40, 255-260.
- Saura-Calixto, F. (1998). Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4303-4306.
- Šeruga, M., Novak, I., & Jakobek, L. (2011). Determination of polyphenols content and antioxidant activity of some red wines by differential pulse voltammetry, HPLC and spectrophotometric methods. *Food Chemistry*, 124(3), 1208-1216.
- Stockley, C., Paschke-Kratzin, A., Teissedre, P. L., Restani, P., Tejedor, N. G., & Quini, C. (2021). *OIV collective expertise document SO₂ and wine: a review*.
- Teixeira, A.; Eiras-Dias J.; Castellarin, S. D.; Gerós H. (2013). Berry phenolics of grapevine under challenging environments. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 18711-18739.
- Utami, A. P., Fahrurrozi, F., & Meryandini, A. (2022). Production and immobilization pectinase from *Bacillus sp.* 2P11 using alginate beads. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(8).

- Vila, H., Nazralla, J., Paladino, S., & Galiotti, H. (2009). Desarrollo de estándares de calidad para uvas *Vitis vinifera* L. cv. Malbec y Syrah. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional de Cuyo, 41(2):139-152.
- Zabukovec, P., Čadež, N., & Čuš, F. (2020). Isolation and Identification of indigenous wine yeasts and their use in alcoholic fermentation. *Food Technology and Biotechnology*, 58(3), 337.
- Zapata, L. M. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. Universitat Politècnica de València.
- Zarrouk, O., Francisco, R., Pinto-Marijuan, M., Brossa, R., Santos, R. R., Pinheiro, C., & Chaves, M. M. (2012). Impact of irrigation regime on berry development and flavonoids composition in Aragonese (Syn. Tempranillo) grapevine. *Agricultural Water Management*, 114, 18-29.
- Zhou, D. D., Li, J., Xiong, R. G., Saimaiti, A., Huang, S. Y., Wu, S. X., & Li, H. B. (2022). Bioactive compounds, health benefits and food applications of grape. *Foods*, 11(18), 2755.