

# FERMENTACIONES MIXTAS CON LEVADURAS AUTÓCTONAS Y ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y SENSORIAL DE LOS VINOS PRODUCIDOS DE VIÑEDOS DE LA LOCALIDAD DE TUMBAYA Y HUMAHUACA

## MIXED FERMENTATIONS WITH NATIVE YEASTS AND PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY ANALYSIS OF WINES PRODUCED IN VINEYARDS LOCATED IN TUMBAYA AND HUMAHUACA TOWNS

Mariana Graciela Bitancor<sup>1</sup>, Amalia María Ortega<sup>1\*</sup>, Ezequiel Lamas<sup>1</sup>, Cristian Burgos<sup>1</sup> y Alfredo Agüero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. Alberdi 47 San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. C.P. 4600.

\*Autor para correspondencia:  
ortegamariadelosangeles@  
hotmail.com

Licencia:  
[Licencia Creative Commons](#)  
[Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

Período de Publicación:  
Julio 2020

Historial:  
Recibido: 24/11/2019  
Aceptado: 23/03/2020

### RESUMEN

El objetivo fue desarrollar nuevos procesos fermentativos que contribuyan a la diferenciación y tipicidad de los vinos elaborados en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy. Se utilizaron las levaduras aisladas y seleccionadas de uvas tintas en estudios previos como cultivos iniciadores. Se co-inocularon las cepas *Saccharomyces cerevisiae* (Sc), QH5, QH12, QH42 y QH59, y la cepa *Metschnikowia pulcherrima* QH41 (Mp). Los ensayos se realizaron por triplicado con inóculos de  $10^6$  células/mL, en 500 mL de mosto de la variedad Malbec, siguiendo 2 modalidades de cultivo: cultivo puro con cada cepa (Sc) como control, y cultivo mixto con inoculación de (Sc) correspondiente y la cepa no-*Saccharomyces* (Mp). Se analizaron parámetros físico-químicos convencionales y grado de aceptabilidad. En los ensayos realizados, se aprecian diferencias físico-químicas y organolépticas en los vinos elaborados. La fermentación mixta (ScQH12 + MpQH41) aportó de manera general mayor calidad y tipicidad al vino, con un grado de aceptación del 80%. Los parámetros analizados son similares a la cepa control ( $\text{pH } 3,54 \pm 0,03$ , acidez total  $6,15 \text{ g/L} \pm 0,04$ , acidez volátil  $0,33 \text{ g/L} \pm 0,02$ , grado alcohólico  $8,5\% \text{ v/v} \pm 0,22$ ). Por lo tanto, las estrategias de inoculación propuestas en este estudio permitirían un acercamiento hacia la producción de vinos que conserven las propiedades típicas de la región y de la cultura que los producen. Combinar los adelantos tecnológicos con prácticas artesanales es un punto de partida para innovar con valor agregado en un mercado tan competitivo como el actual. Estos ensayos son pioneros en los estudios de cultivos asociados con levaduras autóctonas de la región.

**Palabras clave:** cultivo mixto, Jujuy, levaduras autóctonas, no-*Saccharomyces*, *Saccharomyces cerevisiae*, vinos de altura.

### SUMMARY

The objective was to develop new fermentative processes that contribute to the differentiation and typicality of wines made in the Quebrada de

Humahuaca, Jujuy. Isolated and selected yeasts of red grapes were used in previous studies as starter cultures. The *Saccharomyces cerevisiae* (Sc), QH5, QH12, QH42 and QH59 strains, and the *Metschnikowia pulcherrima* QH41 (Mp) strain were co-inoculated. The assays were performed in triplicate with  $10^6$  cell/mL inoculums, in 500 mL of must. Malbec variety, following 2 cultivation modalities: pure culture with each strains (Sc) as a control, and related mixed culture with inoculation of (Sc) and the non-*Saccharomyces* (Mp) strain. Conventional physical-chemical parameters and degree of acceptability were analyzed. In the tests carried out, physical-chemical and organoleptic differences can be seen in the wines produced. The mixed fermentation (ScQH12 + MpQH41) contributed in a general way higher quality and typicity to the wine, with an 80% acceptance degree. The analyzed parameters are similar to the control strain (pH 3.54  $\pm$  0.03, total acidity 6 , 15 g/L  $\pm$  0.04, volatile acidity 0.33 g/L  $\pm$  0.02, alcoholic strength 8.5% v/v  $\pm$  0.22). Therefore, the inoculation strategies proposed in this study would allow an approach to wine making that preserves the typical properties of the region and the culture that produces them. Combining technological advances with artisanal practices is a starting point to innovate with added value in a competitive market as the current one. These are pioneering trials in studies of crops associated with native yeasts in the region.

**Keywords:** Jujuy, mixed culture native yeasts, non-*Saccharomyces*, *Saccharomyces cerevisiae*, wines of height

## INTRODUCCIÓN

La fermentación del vino es un proceso bioquímico complejo, por el cual los azúcares procedentes de la uva se trasforman, debido a la acción de las levaduras, fundamentalmente en etanol, dióxido de carbono y muchos metabolitos volátiles, que siendo minoritarios, determinan fundamentalmente la calidad final del vino y su características organolépticas (Ciani y otros, 2010).

En la etapa inicial de la fermentación espontánea, podemos encontrar principalmente en las superficies de las uvas, levaduras del género no-*Saccharomyces*, como *Hanseniaspora*, *Candida*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Hansenula*, *Rhodotorula*, y *Kluyveromyces*, ocasionalmente especies del género *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Debaryomyces*, *Issatchenkovia*, *Zygosaccharomyces*, *Saccharomyces*, *Saccharomyces*, *Torulaspora*, *Dekkera*, *Schizosaccharomyces* (Jolly y otros, 2014; Fleet, 2008). A medida que la fermentación avanza, aumenta el contenido de etanol, baja el pH y la presencia de SO<sub>2</sub> favorecen el dominio de las levaduras del género *Saccharomyces* que llevan a término el proceso (Capece y otros, 2011; Jolly y otros, 2003; Pretorius, 2000; Esteve-Zarzoso y otros,

1999).

Tradicionalmente las levaduras no-*Saccharomyces* se consideraban de importancia secundaria o levaduras indeseables de deterioro (Padilla y otros, 2016; Batt y Tortorello, 2014). Sin embargo, en fermentaciones mixtas, algunos caracteres enológicos negativos de las levaduras no-*Saccharomyces* no se expresan o pueden ser modificados por *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) (Bely y otros, 2008). Por esta razón, para simular la fermentación natural del mosto y potenciar el *terroir*, se está empezando a estudiar el uso de cultivos mixtos con inoculaciones secuenciales de levaduras seleccionadas autóctonas no-*Saccharomyces* y cepas de *S. cerevisiae*.

Varios autores como, Capozzi y otros, (2019) realizaron co-inoculaciones en mostos de la variedad negroamaro, típica de la región de Apulia, Italia. Obtuvieron como resultado vinos con una mayor concentración de ésteres, mayor producción de alcoholes superiores y ácidos, que durante el almacenamiento o envejecimiento de los vinos pueden sufrir esterificación con los alcoholes superiores, aumentando así el aroma frutal en

los vinos. A su vez Binatia y otros (2019) evaluaron estrategias de fermentación mixta destinadas a mejorar la calidad general del vino regional. Las cepas de *S. bacillaris* mostraron una alta tolerancia al etanol y al aumento de la producción de glicerol, *L. thermotolerans* redujo la acidez volátil y *Metschnikowia spp.* exhibió notables actividades enzimáticas relacionadas con el aroma, todas las características buscadas en la elaboración de vino.

Chen y otros (2018) demostraron que la levadura *Schizosaccharomyces pombe* es eficaz para reducir el contenido de ácido málico mientras aumenta el nivel de piranoantocianina vinilfenólica, lo cual mejora el color del vino, la composición de antocianinas y la complejidad de los compuestos volátiles. Comitini y otros (2011), publicaron que la mayoría de las levaduras no-*Saccharomyces* liberan manoproteínas y glicerol, lo cual disminuye el contenido en etanol y contribuyen a la estabilidad del color.

También existen estudios que demuestran que las levaduras no-*Saccharomyces*, en comparación con *S. cerevisiae*, producen y secretan gran cantidad de enzimas, (esterasas, lactonas, lipasas, celulasas y proteasas, entre otras), que degradan ciertos componentes del mosto mejorando aspectos tecnológicos como maceración, filtración, clarificación, reducción en la producción de alcohol (Varela y otros, 2016; Morales y otros, 2015; Contreras y otros, 2015), la presencia de enzimas b-glicosidasas son relevantes por su capacidad de transformar los compuestos no volátiles en aromas volátiles a través de su acción enzimática (Ciani y otros, 2010; Carrau y otros, 2005). Si bien, las levaduras *Saccharomyces* poseen estas enzimas, las levaduras no-*Saccharomyces* son más eficientes en el uso de éstas, como es el caso de los géneros *Pichia*, *Metschnikowia*, *Debaryomyces*, *Candida* (Fernández y otros, 2003).

La Quebrada de Humahuaca es una región histórica e importante en la producción de vino regional en la provincia de Jujuy, con una producción anual de 123 hectolitros de vino de la variedad malbec (Instituto Nacional de Vitivinicultura). Es un lugar excepcional para la explotación de la vitivinicultura, por su potencial climático, la altísima luminosidad y radiación, la pureza del aire, su suelo, la altura y variedades de uvas, que son la base para elaborar un producto de calidad, características que dan como resultado vinos tintos con alto contenido de alcohol y estabilidad de color y notas frutales. En los últimos

años aumentaron los productores que desean incluir, dentro de sus sistemas productivos, la actividad vitivinícola para la elaboración de vinos artesanales como una alternativa socio-económica viable, desde los 90 se encuentran nucleados bajo la Asociación de Vitivinicultores de la Quebrada de Humahuaca, integrada actualmente por 130 productores de Purmamarca, Maimará, Chañarcito, Tumbaya, Tilcara, Santo Domingo-Perico, Chucalezna, Perchel, Humahuaca (Asociación de Vitivinicultores de la Quebrada de Humahuaca).

Ahora bien, la utilización de las levaduras nativas en el proceso de vinificación, no sólo permite potenciar el carácter de los *terroirs* jujeños, sino, también controlar el proceso de fermentación, ya que estas levaduras podrían poseer las características para ajustarse a las condiciones geo-botánico-climatológicas de la región y la composición del vino (Llanos, 2003). Más importante aún, pueden influir en gran medida en los perfiles finales del aroma del vino, generando un carácter regional único que permitirá a los viticultores adaptar los vinos a un mercado tan exigente como el actual (Capozzi y otros, 2019; Suranská y otros, 2016; Maturano y otros, 2012; Jolly y otros, 2006; Combina y otros, 2005).

Por lo tanto, en el presente trabajo se desarrollaron nuevas estrategias de fermentaciones mixtas, utilizando como cultivos iniciadores levaduras autóctonas y seleccionadas del género *Saccharomyces* y no-*Saccharomyces*, que puedan mejorar las características analíticas y sensoriales de los vinos de la región. Este estudio es la primera investigación sobre este tema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio, se utilizaron levaduras seleccionadas por sus características enológicas eficientes en estudios previos: *Metschnikowia pulcherrima* QH41 y 5 cepas de *Saccharomyces cerevisiae* QH 5, QH12, QH42, QH59 y QH61 (Sc con el correspondiente código) aisladas en viñedos de la localidad de Tumbaya y Humahuaca, Jujuy.

Los ensayos se realizaron por triplicado con inóculos de  $10^6$  células/mL en recipientes con 500 mL de mosto pasteurizado de la variedad malbec, a 25 °C siguiendo tres modalidades de cultivo:

- Cultivo puro (p) de cada una de las cepas *S. cerevisiae* analizada.

- Cultivo mixto (m) con inoculación simultánea de no-*Saccharomyces* y las cepas *S. cerevisiae* correspondiente.

- Cultivo control con *Saccharomyces cerevisiae* comercial.

Se agregó metabisulfito a las fermentaciones, con el fin de comparar su comportamiento con la fermentación realizada en bodega, y el efecto del metabisulfito sobre la dinámica de población de levaduras.

La evolución de la fermentación se monitorizó mediante medida de los grados Brix.

Se determinaron en el mosto los parámetros: grados Brix, pH, acidez total. Mediante métodos oficiales (OIV, 2014). Parámetros establecidos para mosto según la OIV: pH: 5 y 6, Acidez 3,5-10 g/L, °B: 20 – 25.

En el vino elaborado se determinaron los parámetro: grado alcohólico, grados Brix, densidad, acidez total, acidez volátil y pH, mediante los métodos oficiales (OIV, 2014).

El análisis sensorial para determinar el parámetro de aceptación de los vinos elaborados aceptación se realizó mediante cata con un panel de 50 personas no entrenadas, donde el parámetro evaluado fue el gusto. Los resultados finales se expresarán en porcentaje de aceptación.

Los resultados analíticos y la valoración organoléptica de los vinos elaborados se pueden observar con mayor detalle en la Tabla 1 y Figura 1, respectivamente.

## Análisis Estadístico

Los parámetros estudiados se analizaron mediante análisis de las desviaciones estándar y las diferencias significativas con el software InfoStat versión 2017 (Di Rienzo y otros, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis químicos del mosto

Los resultados de los análisis químicos básicos realizados al mosto, arrojaron como resultado para acidez total, un promedio de 4,76 g/L y para pH, un promedio de 5. Los valores de los grados Brix se pueden observar en la Tabla 1. Estos resultados señalan que el mosto cumplía con los valores establecidos por la OIV.

**Tabla 1.** Resultados analíticos de los vinos resultantes de los cultivos puros y mixtos

Parámetros estudiados	LSA	QH5 + QH41		QH12 + QH41		QH42 + QH41		QH59 + QH41		QH61 + QH41	
	control	p-Sc	m-Sc								
<b>°Brix inicial</b>	21,00	20,50	20,50	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	21,00	21,00
<b>°Brix final</b>	7,20	5,25	5,50	6,00	4,50	5,50	5,00	5,00	4,50	6,50	7,00
<b>pH</b>	3,92 (0,00)	3,70 (0,01)	3,73 (0,00)	3,97 (0,02)	3,54 (0,03)	3,92 (0,03)	3,93 (0,00)	3,70 (0,00)	3,87 (0,00)	3,74 (0,01)	3,72 (0,04)
<b>Acidez Total (g/L)</b>	4,38 (0,01)	5,30 (0,04)	5,40 (0,00)	3,22 (0,01)	6,15 (0,04)	3,60 (0,06)	3,67 (0,01)	4,80 (0,01)	3,90 (0,11)	5,10 (0,02)	5,06 (0,22)
<b>Acidez Volátil (g/L)</b>	0,15 (0,01)	0,25 (0,05)	0,38 (0,00)	0,29 (0,01)	0,22 (0,02)	0,11 (0,01)	0,15 (0,00)	0,85 (0,01)	1,50 (0,02)	0,97 (0,00)	0,75 (0,02)
<b>Grado alcohólico %v/v</b>	8,50 (0,01)	9,00 (0,22)	8,85 (0,01)	7,67 (0,41)	8,56 (0,22)	7,97 (0,05)	8,26 (0,77)	8,26 (0,28)	8,56 (0,06)	8,56 (0,13)	8,26 (0,28)

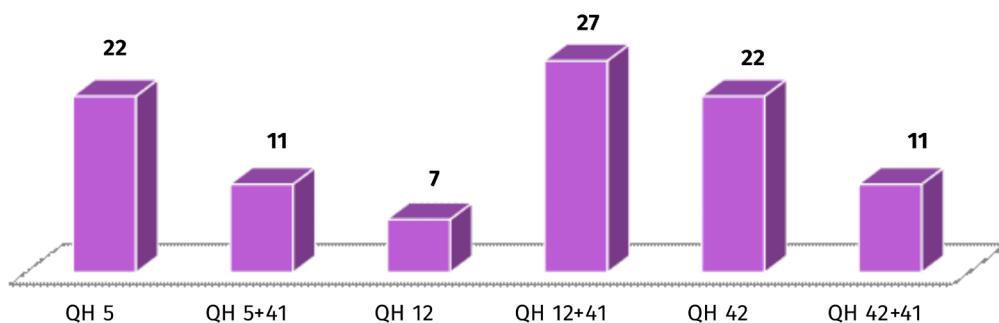
LSA: levadura seca activa; p: cepa pura; QH5, QH12, QH42, QH59, QH61: *S. cerevisiae*; QH41: *M. pulcherrima*

m: cultivo mixto

Los valores entre paréntesis corresponden a las desviaciones estándar

Parámetros establecidos para vino según la OIV: pH: 3,3-3,5, acidez total 4,5-7 g/L, acidez volátil 0,2-0,6g/L y grado alcohólico: 8,5%v/v.

## Porcentaje de aceptación de los vinos elaborados

**Figura 1.** Resultados del análisis sensorial de los vinos resultantes de los cultivos puros y mixtos

Ensayo con *S. cerevisiae* QH5 y *M. pulcherrima*: No se observaron diferencias físico químicas entre las fermentaciones, presentaron un pH ligeramente superior a lo establecido, valores óptimos de acidez total y bajas producción de ácidos volátiles, la fermentación alcohólica se completó en todos los ensayos, alcanzándose como máximo 9 grados

de alcohol. La fermentación que presento mayor aceptación, con un 22% fue la inoculación pura, el vino producido por inoculación mixta presentó una aceptación de un 11%.

Ensayo con *S. cerevisiae* QH12 y *M. pulcherrima*: Se observaron diferencias en los

parámetros fisicoquímicos analizados entre las fermentaciones, la inoculación mixta, se ajusta a los valores establecidos según la normativa, en cuanto al análisis sensorial presento mayor grado de aceptación con un 27%. En el vino elaborado con cultivo puro se observó un elevado pH, baja acidez total y grado alcohólico, en cuanto a la evaluación sensorial fue la que presentó menor aceptación con un 7%.

**Ensayo con *S. cerevisiae* QH42 y *M. pulcherrima*:** No se observaron diferencias físico químicas entre las fermentaciones, presentaron un elevado pH, baja acidez total y volátil, baja producción de alcohol. En la evaluación sensorial el cultivo puro presentó un buen nivel de aceptación (22%), el cultivo mixto fue valorado con un 11%.

**Ensayo con *S. cerevisiae* QH59 y *M. pulcherrima*:** No se observaron diferencias físico químicas entre las fermentaciones, presentaron una acidez total y graduación alcohólica óptima, pH y acidez volátil ligeramente superior a los límites establecidos. Estas fermentaciones tampoco se evaluaron sensorialmente debido a que no presentaron características organolépticas aptas para la degustación.

En los ensayos realizados se aprecian diferencias físico-químicas y organolépticas en las diferentes estrategias de elaboración de los vinos. Las fermentaciones mixtas aportaron de manera general mayor calidad y tipicidad a los vinos. El producto obtenido de la co-inoculación con Sc QH12 + Mp QH41 mostró resultados físico-químicos óptimos con valores dentro de lo establecido por el OIV, dentro de las característica más destacada tenemos la acidez volátil baja, los valores entre 0,20 y 0,70 g/L se consideran óptimos, mientras que por encima de este umbral el ácido acético puede volverse desgradable para el sabor (Lambrechts y Pretorius, 2000). En otro estudio, Padillas y otros (2016) encontraron que las levaduras no-*Saccharomyces* son generalmente bajos productores de acidez volátil, en comparación con *S. cerevisiae*.

La co-inoculación presentó una acidez total y pH óptimos (6,15 g/L y 3,54), los ácidos orgánicos más importantes presentes en los vinos son el tartárico, málico, láctico y cítrico (Blouin y Guimbertrau, 2002) y de acuerdo Morata y otros (2018) la acidificación natural producida por estos ácidos facilita la estabilidad de los vinos, con una mayor frescura, mejorando el sabor y el color y contienen menores

cantidades de SO<sub>2</sub>. Los resultados encontrados en nuestro estudio concuerdan con Liu y otros (2016) reportaron que las fermentaciones mixtas con la levadura *M. pulcherrima* presentaron una acidez total óptima a diferencia de la fermentación con *S. cerevisiae* puras.

De acuerdo a Fanzone (2012) en los mostos y en los vinos, el pH varía dependiendo de las condiciones de maduración de las uvas, que determinan la concentración de ácidos orgánicos al momento de la cosecha, del varietal de uva, de las prácticas enológicas, de la presencia y metabolismo de microorganismos, de la temperatura de fermentación y guarda. Los diferentes valores encontrados para la acidez total y el pH pueden estar relacionados con los diferentes perfiles en la producción de los ácidos orgánicos naturales de cada levadura. Por último la co-inoculación Sc QH12 + Mp QH41 permitió obtener un vino con mayor graduación alcohólica, en comparación con su fermentación pura y la fermentación control. Este resultado concuerda con los expuesto por Garofalo y otros (2016), los cuales señalan que el uso de cultivos de levaduras que provengan de la zona vitivinícola donde se van a utilizar, lo que se conoce como levaduras locales autóctonas es más efectivo que las comerciales para realizar la fermentación, porque se cree que estas levaduras que se encuentran en una microzona son específicas del área y están adaptadas a las condiciones climáticas de la zona y de la materia prima a fermentar.

El grado alcohólico es una de las características más importantes en un vino y está directamente relacionado con la capacidad de las levaduras de transformación de azúcares en etanol (García, 2011). En los últimos tiempos se ha observado una tendencia cada vez mayor en una considerable proporción de los consumidores que desean vinos con un menor grado alcohólico (Margalloa y otros, 2015). Preocupaciones en torno a los efectos del alcohol en la salud son centrales en esta tendencia, Lecour y otros (2006) publicaron que la reducción de contenido de alcohol al 6% en el vino no altera sus propiedades antioxidantes y cardioprotectoras.

Ahora bien, la desalcoholización de vinos presenta dos grandes inconvenientes. El primero es técnico, ya que resulta extremadamente difícil desalcoholizar un vino manteniendo sus características organolépticas originales. Generalmente, tanto sus cualidades aromáticas como su gusto tienden a empeorar mientras

mayor es la disminución en su grado alcohólico. El segundo inconveniente es legal, siendo que las legislaciones varían según cada país. La Organización Internacional de la Vid y del Vino (OIV), establece que no se puede disminuir un porcentaje de alcohol mayor de 2% v/v.

Existen diversas estrategias para producir vinos con menor contenido alcohólico o sin alcohol. Las mismas pueden aplicarse antes, durante o después de la fermentación alcohólica, autores como, Ferrarini y otros (2016), Rodríguez y otros (2016), Salgado y otros 2015, realizaron aportes importantes. En cuanto a técnicas aplicables durante la fermentación, actualmente no hay cepas de *S. cerevisiae* que permitan producir vinos con un contenido alcohólico considerablemente menor. Las diferencias entre las cepas estudiadas, por ahora, no exceden el 1% v/v. El uso de levaduras no-*Saccharomyces* ha mostrado potencial para lograr vinos con menos alcohol, publicaciones científicas citan experiencias en las que se han logrado excelentes resultados con desalcoholizaciones de hasta un 2% v/v (Capozzi y otros, 2019; Comitini y otros, 2011). También es importante considerar la concentración de inoculo sembrado de no-*Saccharomyces*/*S. cerevisiae* en las fermentaciones, según Mendoza y otros, 2007; Ciani y otros, 2006.

La adición de especies de levadura no-*Saccharomyces* a las fermentaciones mixtas como co-inoculo iniciador, se indicó como una forma de simular las fermentaciones espontáneas (Petruzzi y otros, 2017; Tristeza y otros, 2016), lo cual le confiere un carácter organoléptico particular a los vinos con una importante producción de esteres aportando un sabor afrutado en el vino, sin aumentar los riesgos para la calidad del vino (Maturano y otros, 2018; Ciani y otros, 2016; Tristeza y otros, 2016).

Nuestros resultados no concuerdan con el estudio realizado por Jolly y otros (2003) en el cual no detectó ningún cambio relevante en el proceso de fermentación o en la composición química de los vinos elaborados con *S. cerevisiae* y *M. pulcherrima*, en comparación con cultivos puros de *S. cerevisiae*. Pero si coinciden con Comitini y otros, (2011) observaron diferencias en la producción de acidez total y en el análisis sensorial.

Varios investigadores como Renault y otros (2009) y Bely y otros (2008) publicaron que el

aumento en el contenido de polisacáridos y ácidos grasos de cadena larga, pueden en parte explicar la mayor calidad de los vinos producidos por *M. pulcherrima* / *S. cerevisiae*. Al igual que Sadoudi y otros (2012) demostraron que *M. pulcherrima* puede aumentar de forma significativa el acetato de feniletilo, el acetato de isoamilo y el terpenol, mejorando el perfil aromático del vino.

Por otro lado, los autores (Binatia y otros, 2019; Belda y otros, 2016; Liu y otros, 2016; Jolly y otros, 2006) señalaron que las cepas *Metschnikowia pulcherrima* es una de las levaduras más prometedoras en cuanto al aumento del perfil aromático debido a su importante actividad enzimática.

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos confirmaron que el uso de nuevos métodos biotecnológicos de fermentación propuestos en este estudio, pueden ser muy efectivo para la selección de cultivos iniciadores mixto con levaduras *Saccharomyces* y no-*Saccharomyces* autóctonas, como respuesta a la demanda de los consumidores por vinos de calidad, con mejores propiedades sensoriales que reflejen el *Terroir jujeño*. Combinar los adelantos tecnológicos con prácticas artesanales es un punto de partida para innovar con valor agregado en un mercado tan competitivo como el actual, también incentiva el arraigo territorial y la producción de vino genuino de manera rentable y sostenible.

Estos ensayos son pioneros en los estudios de cultivos asociados con levaduras autóctonas de la localidad de Tumbaya y Humahuaca, Jujuy, futuros trabajos podrían estar focalizados en inoculaciones secuenciales a nivel de bodega y el estudio de los compuestos aromáticos producidos por las levaduras no-*Saccharomyces* en los vinos elaborados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Batt, C.A & Tortorello, M.L. 2014. Encyclopedia of Food Microbiology. Academic press.
- Belda, I.; Ruiz, J.; Alatruey-Izquierdo, A.; Navascués, E.; Marquina, D. & Santos, A. 2016. Unraveling the enzymatic basis of wine “flavorome”: a phylo-functional study of wine related

- yeast species. *Front. Microbiol.*, 7 (12). <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2016.00012>.
- Bely, M.; Stoeckle, P.; Masnuef-Pomarède, I. & Dubourdieu, D. 2008. Impact of mixed *Torulaspora delbrueckii*-*Saccharomyces cerevisiae* culture on high-sugar fermentation. *Int. J. Food Microbiol.*, 122: 312-320.
- Binatia, R.L; Innocentea, G.; Gattoa, V.; Celebrinb, A; Polob, M; Felisa, G.E. & Torriania, S. 2019. Exploring the diversity of a collection of native non-*Saccharomyces* yeasts to develop co-starter cultures for winemaking. *Food Research International*, 122: 432-442
- Blouin, J.; Guimbertrau, G. 2002. Maduración y madurez de la uva. Madrid, España, *Mundi-Prensa*, p. 151
- Capece, A.; Romaniello, R.; Siesto, G.; Pietrafesa, R.; Massari, C.; Poeta, C. & Romano, P. 2011. Selection of indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for Nero d'Avola wine and evaluation of selected starter implantation in pilot fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 144:187-192
- Capozzi, V.; Berbegala, C.; Tufariello, M.; Griecoc, F.; Spanob, G. & Griecob, F.; 2019. Impact of co-inoculation of *Saccharomyces cerevisiae*, *Hanseniaspora uvarum* and *Oenococcus oeni* autochthonous strains in controlled multi starter grape must fermentations. *LWT - Food Science and Technology*, 109: 241-249
- Capozzi, V., Garofalo, C., Chiriatti, M. A., Grieco, F., & Spano, G. 2015. Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine. *Microbiological Research*, 181:75-83.
- Carrau, F. M.; Medina, K.; Boido, E.; Farina, L.; Gaggero, C. & Dellacassa, E. 2005. Denovo synthesis of monoterpenes by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts. *FEMS Microbiology Letters*, 243(1): 107-115.
- Ciani, M.; Beco, L. & Comitini, F. 2006. Fermentation behaviour and metabolic interactions of multistarter wine yeast fermentations. *Int. J. Food Microbiol.*, 108: 239-245.
- Ciani, M.; Comitini, F.; Mannazzu, I. & Domizio, P. 2010. Controlled mixed culture fermentation: a new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking. *FEMS Yeast Res.*, 10:123-333.
- Ciani, M.; Morales, P.; Comitini, F.; Tronchoni, J.; Canonico, L. & Curiel, J. A. 2016. Non-conventional yeast species for lowering ethanol content of wines. *Frontiers in Microbiology*, 7: 642.
- Comitini, F.; Gobbi, M.; Domizio, P.; Romani, C.; Lencioni, L.; Mannazzu, I. & Ciani, M. 2011. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.*, 28: 873-882.
- Combina, M.; Elia, A.; Mercado L.; Catania, C.; Gangac, A.; Martinez, C. 2005. Dynamics of indigenous yeast populations during spontaneous fermentation of wines from Mendoza, Argentina. *International Journal of Food Microbiology*, 99 : 237- 243 p.
- Contreras, A.; Curtin, C. & Varela, C. 2015. Yeast population dynamics reveal a potential 'collaboration' between *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces uvarum* for the production of reduced alcohol wines during Shiraz fermentation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 99:1885-1895.
- Chen, K.; Escott, C. Loira, I.; Del Fresno, J.M.; Morata, A.; Tesfaye, W. Calderon, F.; Suarez-Lepe, J.A.; Han, S. & Benito, S. 2018. Use of non-*Saccharomyces* yeasts and oenological tannin in red winemaking: Influence on colour, aroma and sensorial properties of young wines. *\*Food Microbiology*, 69: 51-63
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tolaba, M.; Robledo, C. 2017. "InfoStat versión 2017". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Versión electrónica para la web: <http://www.infostat.com.ar>.
- Esteve-Zarzoso, B.; C. Belloch; F. Uruburu and A. Querol. 1999. Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8 S rRNA gene and the two-ribosomal internal transcribed spacers. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 49: 329-337.

- Fanzone, M. 2012. Caracterización de la composición fenólica de uvas y vinos de la variedad "Malbec" (*vitis vinifera* L.): su relación con el origen geográfico, factores vitivinícolas y valor comercial. Tesis doctoral. Tarragona, España Departamento de Bioquímica y Biotecnología. Facultad de Enología, p:35
- Fernández, M.; Di Stefano, R. & Briones, A. 2003. Hydrolysis and transformation of terpene glycosides from Muscat must by different yeast species. *Food Microbiology*, 20: 35-41.
- Ferrarini, R.; Ciman, G.M.; Camin, F.; Bandini, S. & Gostoli, C. 2016. Variation of oxygen isotopic ratio during wine dealcoholization by membrane contactors: Experiments and modeling. *Journal of Membrane Science*, 498: 385-394.
- Fleet, G.H. 2008. Wine yeasts for the future. *FEMS Yeast Res.*, 8: 979-995.
- García J. 2011. Enología avanzada. Málaga España, Vértice.
- Garofalo, C.; Russo, P.; Beneduce, L.; Massa, S.; Spano, G. & Capozzi, V. 2016. Non-*Saccharomyces* biodiversity in wine and the 'microbial terroir': a survey on Nero di Troia wine from the Apulian region, Italy. *Annals of Microbiology*, 1(66): 143-150.
- I.N.V.(2016): a) "Análisis de la evolución de superficie de vid por provincias período 2000-2018" [http://www.inv.gov.ar/inv\\_contenidos/pdf/estadisticas/anuarios/2018/An%C3%A1lisis\\_evoluci%C3%B3n\\_de\\_superficie\\_2000-2018.pdf](http://www.inv.gov.ar/inv_contenidos/pdf/estadisticas/anuarios/2018/An%C3%A1lisis_evoluci%C3%B3n_de_superficie_2000-2018.pdf) (consulta 09/08/2019)
- b) "Informe anual de cosecha y elaboración-2018" [http://www.inv.gov.ar/inv\\_contenidos/pdf/estadisticas/Cosecha/2018/INFORME\\_FINAL\\_COSECHA\\_Y\\_ELABORACI%C3%93N\\_2018.pdf](http://www.inv.gov.ar/inv_contenidos/pdf/estadisticas/Cosecha/2018/INFORME_FINAL_COSECHA_Y_ELABORACI%C3%93N_2018.pdf)(consulta 09/18/2019)
- Jolly, N.; Augustyn, O. & Pretorius, I. 2003. The effect of non-*Saccharomyces* yeasts on fermentation and wine quality. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 24(2): 55-62.
- Jolly, N.P.; Augustyn, O.P.H.; Pretorius, I.S. 2006. The role and use of non-*Saccharomyces* yeasts in wine production. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 27:15-39.
- Jolly, N.P.; Varela, C.; Pretorius, I.S. 2014. Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. *FEMS Yeast Res.*,14: 215-237.
- Lambrechts, M. G., & Pretorius, I. S. 2000. Yeast and its importance to wine aroma – A review. *South African Journal of Enology & Viticulture*, 21:97-129.
- Lecour, S.; Blackhurst, D.; Marais, D.; Opie, L. 2006. Lowering the degree of alcohol in red wine does not alter its cardioprotective effect. a Hatter Institute, London, UK. b Division of Lipidology, University of Cape Town, South Africa .*ABSTRACTS / Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 40: 920 – 1015.
- Liu, G., Tao, C., Zhu, B., Bai, W., Zhang, L., Wang, Z., & Liang, X. 2016. Identification of *Zygosaccharomyces* mellis strains in stored honey and their stress tolerance. *Food Science and Biotechnology*, 25:1645-1650. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0253-x>.
- Llanos, M. 2003. Selección y producción de levaduras vínicas. *La semana vitivinícola*, N° 2959: p1302-1308.
- Margalloa, M.; Aldacoa, R.; Barcelób, A.; Dibana, N.; Ortiz, I. & Irabien, A. 2015. Life cycle assessment of technologies for partial dealcoholisation of wines" sustainable production and consumption, 2: 29-39
- Maturano, Y. P.; Rodríguez Assaf; Leticia A. ; Toro, M. E.; Nally, M. C.; Vallejo, M.; Castellanos de Figueroa L. I.; Combina, M. & Vazquez, F. 2012. Multi-enzyme production by pure and mixed cultures of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* yeasts during wine fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 136: 98-106.
- Maturano, Y. P.; Mestre, M. V.; Kuchen, B.; Toro, M. E.; Mercado, L. A. & Vazquez, F. 2018. Optimization of fermentation-relevant factors: A strategy to reduce ethanol in red wine by sequential culture of native yeasts. *International Journal of Food Microbiology*, 289: 40-48.

- Mendoza, L.M.; Manca de Nadra, M.C. & Farías, M.E. 2007. Kinetics and metabolic behaviour of a composite culture of *Kloeckera apiculata* and *Saccharomyces cerevisiae* wine related strains. *Biotechnol. Lett.*, 29:1057-1063.
- Morales, P.; Rojas, V.; Quirós, M. & Gonzalez, R. 2015. The impact of oxygen on the final alcohol content of wine fermented by a mixed starter culture. *Appl. Microbiol.Biotechnol.*, 99: 3993-4003.
- Morata, A.; Loira, I.; Tesfaye, W.; Bañuelos, M. A.; González, C. & Suárez-Lepe, J. A. 2018. *Lachancea thermotolerans* applications in wine technology. *Fermentation*, 4-53.
- O.I.V. (2014)" Compendium of international methods of spirituous beverages of vitivinicultural 2014" <http://www.oiv.int/public/medias/2628/compendium-bs-2014-en-file-complet-pdf.pdf>(consulta 21/12/2017)
- Padilla, B.; Gil, J. V. & Manzanares, P. 2016. Past and future of non-Saccharomyces yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Frontiers in Microbiology*, 7: e00411. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00411>.
- Petrucci, L.; Capozzi, V.; Berbegal, C.; Corbo, M. R.; Bevilacqua, A. & Spano, G. 2017. Microbial resources and enological significance: Opportunities and benefits. *Frontiers in Microbiology*, 8:995.
- Pretorius, I.S. 2000. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast* 16:675-729.
- Renault, P.; Miot-Sertier, C.; Marullo, P.; Hernández-Orte, P.; Lagarrigue, L.; Lonvaud-Funel, A. & Bely, M. 2009. Genetic characterization and phenotypic variability in *Torulaspora delbrueckii* species: potential applications in the wine industry. *Int.J. Food Microbiol.*, 134: 201-210.
- Rodríguez, A.J.; Raimbourg, T.; Gonzalez, R.; Morales, P. 2016. Environmental factors influencing the efficacy of different yeast strains for alcohol level reduction in wine by respiration. *LWT - Food Science and Technology*, 65: 1038-1043.
- Sadoudi, M.; Tourdot-Marechal, R.; Rousseaux, S.; Steyer, D.; Gallardo-Chacon, J. J. & Ballester, J. 2012. Yeast-yeast interactions revealed by aromatic profile analysis of Sauvignon Blanc wine fermented by single or co-culture of non-Saccharomyces and Saccharomyces yeasts. *Food Microbiology*, 32(2): 243-253.
- Salgado, C.M.; Fernández-Fernández, E.; Palacio, L.; Hernández, A. & Prádanos, P. 2015. Alcohol reduction in red and white wines by nanofiltration of musts before fermentation. *Food and bioproducts processing*, 96: 285-295.
- Suranská, H.; Vránová, D. & Omelková, J. 2016. Isolation, identification and characterization of regional indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Brazilian journal of microbiology*, 47:181-190.
- Tristezza, M.; Tufariello, M.; Capozzi, V.; Spano, G.; Mita, G. & Grieco, F. 2016. The enological potential of *Hanseniaspora uvarum* in simultaneous and sequential cofermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for industrial wine production. *Frontiers in Microbiology*, 7:670.
- Varela, C. F.; Sengler, M.; Solomon, C. & Curtin, M. 2016. Volatile flavour profile of reduced alcohol wines fermented with the non-conventional yeast species *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces uvarum*. *Food Chemistry*, 209: 57-64.

