



**Somos calidad,
somos USC**

Evaluación del uso de las levaduras no-*Saccharomyces Hanseniaspora uvarum* y *Starmerella bacillaris* en la fermentación alcohólica del vino: una revisión sistemática

Autora

Liz Andrea Figueroa Hernandez

**Título por el que opta
Microbióloga**

Director

Carlos Andres Martinez Garay

Grupo de Investigación en Micología GIM

Línea de Investigación: biotecnología y bioprocesos

Ciencias básicas

Microbiología

Universidad Santiago de Cali

Santiago de Cali - Colombia

2025

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado según los siguientes criterios:

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Científico	Revisión sistemática sobre la evaluación del uso de las levaduras no- <i>Saccharomyces</i> <i>Hanseniaspora uvarum</i> y <i>Starmerella bacillaris</i> en la fermentación alcohólica del vino, con el fin de realizar el trabajo de grado	Comunidad estudiantil, universidad Santiago de Cali

EVALUACIÓN DEL USO DE LAS LEVADURAS NO-SACCHAROMYCES *Hanseniaspora uvarum* Y *Starmerella bacillaris* EN LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DEL VINO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Liz Andrea Figueroa Hernandez¹ (liz.figueroa00@usc.edu.co)

¹ Grupo de Investigación Micología, Programa de Microbiología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

Esta revisión sistemática evalúa el aporte de *Hanseniaspora uvarum* y *Starmerella bacillaris* como levaduras no-*Saccharomyces*, capaces de incrementar ésteres frutales y glicerol y de modular la acidez volátil y el grado alcohólico mediante co-inoculación o inoculación secuencial con *Saccharomyces cerevisiae*. La síntesis propone criterios estandarizados y métricas comunes como valor de actividad odorante y fracciones de manoproteínas para ordenar los efectos químicos y sensoriales e informar el diseño de proceso según el objetivo enológico. Se realizó una revisión sistemática conforme a PRISMA, con pregunta de investigación estructurada mediante el enfoque PICO, búsquedas en Scopus, ScienceDirect y Web of Science y estrategias dirigidas a *H. uvarum* y *S. bacillaris* en la fermentación del vino. La selección avanzó en dos fases con deduplicación y cribado en Rayyan y lectura a texto completo, se fijaron criterios claros de inclusión y exclusión y se extrajeron datos de diseño, intervención, condiciones de fermentación y resultados para una síntesis narrativa con tablas comparativas. La selección culminó con cuarenta estudios y evidencia convergente de que *H. uvarum* y *S. bacillaris* reducen el alcohol, elevan el glicerol, moderan la acidez volátil y fortalecen el aroma por aumento de ésteres y terpenos, con beneficios adicionales en estabilidad coloidal y color. Los efectos son diseños dependientes y predominan protocolos secuenciales con ventanas de veinticuatro a cuarenta y ocho horas, donde *S. bacillaris* resulta más consistente para disminuir el grado y elevar glicerol, mientras *H. uvarum* sobresale en complejidad aromática, siempre con control fino de nutrientes y proporciones de inóculo.

Palabras clave: fermentación; Inoculación secuencial; no-*Saccharomyces*

EVALUATION OF THE USE OF THE NON-SACCHAROMYCES YEASTS *Hanseniaspora uvarum* AND *Starmerella bacillaris* IN THE ALCOHOLIC FERMENTATION OF WINE: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

This systematic review evaluates the contribution of *Hanseniaspora uvarum* and *Starmerella bacillaris* as non-*Saccharomyces* yeasts capable of increasing fruit esters and glycerol and modulating volatile acidity and alcohol content through co-inoculation or sequential inoculation with *Saccharomyces cerevisiae*. The review proposes standardized criteria and common metrics, such as odorant activity and mannoprotein fractions, to categorize the chemical and sensory effects and inform process design according to the oenological objective. A systematic review was conducted in accordance with PRISMA guidelines, with a research question structured using the PICO approach. Searches were performed in Scopus, ScienceDirect, and Web of Science, and the search strategies focused on *H. uvarum* and *S. bacillaris* in wine fermentation. The selection process proceeded in two phases: deduplication and screening using Rayyan, followed by full-text reading. Clear inclusion and exclusion criteria were established, and data on design, intervention, fermentation conditions, and outcomes were extracted for a narrative synthesis with comparative tables. The selection culminated in forty studies and convergent evidence that *H. uvarum* and *S. bacillaris* reduce alcohol, increase glycerol, moderate volatile acidity, and enhance aroma by increasing esters and terpenes, with additional benefits in colloidal stability and color. The

effects are design-dependent, and sequential protocols with 24- to 48-hour windows predominate. *S. bacillaris* is more consistent in lowering alcohol and increasing glycerol, while *H. uvarum* excels in aromatic complexity, always with fine control of nutrients and inoculum proportions.

Keywords: *Fermentation; Sequential inoculation; Non-Saccharomyces*

HIGHLIGHTS

1. Predominio de estudios con *S. bacillaris* (50%) frente a *H. uvarum* (35%), trabajos con ambas (13%). Interpreta un sesgo hacia *S. bacillaris* por su fructofilia, menor rendimiento etanólico y aporte a polisacáridos/manoproteínas.
2. Beneficios tecnológicos y sensoriales consolidados de las no-*Saccharomyces*: reducción de etanol, incremento de glicerol, ajuste de acidez volátil, aumento de ésteres/terpenos y liberación de polisacáridos con efectos positivos en estabilidad coloidal y sensación en boca.
3. Riesgos y límites operativos identificados: con *H. uvarum* puede aumentar VA/acetatos si se prolonga su dominio o no se retiran perlas; en espumosos, *S. bacillaris* en monocultivo no completó la segunda fermentación (preferible uso mixto).

1. INTRODUCCIÓN

En la industria vitivinícola, las levaduras desempeñan un papel esencial en la fermentación alcohólica del mosto de uva, proceso durante el cual se transforman los azúcares en etanol y componentes químicos que influyen en las características sensoriales y la calidad del vino (Morcillo-Parra et al., 2025). En este proceso se ha encontrado como levadura dominante a *Saccharomyces cerevisiae*, atribuyéndose su tolerancia a factores como concentraciones elevadas de etanol (7–15% v/v), rangos de temperatura (25–30 °C) y la presencia de SO₂ (Romano et al., 2019). Sin embargo, esto ha llevado a que los perfiles sensoriales sean similares en su elaboración. Además, la calidad final está condicionada por la ecología microbiana a lo largo de la cadena (viñedo–bodega): las bayas albergan consorcios complejos que varían con clima, variedad y prácticas, y la bodega actúa como reservorio que aporta cepas residentes o nativas en las fermentaciones como lo son las no-*Saccharomyces*, ya se autóctonas o incluso inoculadas (Romano et al., 2019).

Durante los últimos años, la industria ha investigado métodos de fermentación distintos, como la espontánea, la cual no añade levaduras comerciales y únicamente aprovecha aquellas que ya existen en la piel de la uva; también se conoce la fermentación inoculada la cual añade levaduras seleccionadas con el fin de llevar una fermentación uniforme, en donde se utilizan levaduras no-*Saccharomyces* (Englezos et al., 2022). De forma explícita, no son técnicas nuevas, sino modos de uso de otras levaduras como la co-inoculación (siembra simultánea con *S. cerevisiae*) e inoculación secuencial (primero la levadura no-*Saccharomyces* y, 24–48 h después, *S. cerevisiae*), para modular el proceso. En la literatura experimental se reportan, como referencia, intervalos típicos con no-*Saccharomyces*: T° 16–25 °C, pH 2.9–3.8, SO₂ libre 0–80 mg/L e inóculos ~10⁶–10⁷ cel/mL, con escalas que van desde el nivel de laboratorio hasta piloto (Englezos et al., 2022).

Dichas levaduras no-*Saccharomyces* producen mayor cantidad de ésteres que aportan aromas frutales y florales, así como glicerol, que contribuye al cuerpo y dulzor percibido en el vino (Zhao et al., 2025). Entre las especies no-*Saccharomyces* más prometedoras para la mejora enológica y que han demostrado un potencial significativo por su contribución a la complejidad aromática y sensorial son las levaduras *Hanseniaspora uvarum* y *Starmerella bacillaris* (sin. *Candida zemplinina*), dado que en ambas se ha encontrado una mejora del perfil aromático al producir alcoholes superiores asociados a notas florales (2-feniletanol) (Romano et al., 2019). Bajo esta dinámica, la levadura *Hanseniaspora uvarum* suele predominar al inicio, pero declina por su menor capacidad fermentativa, mientras que *Starmerella bacillaris* mantiene un desempeño relativamente superior en las primeras 48 h (Morcillo-Parra et al., 2025). En la actualidad se reportan estudios en donde la co-inoculación con *S. cerevisiae* puede favorecer compuestos como el β-feniletanol, valorados positivamente por los consumidores (Feng et al., 2021). Desde el punto de vista del aroma, el vino integra aroma primario, secundario y terciario; las levaduras inciden por enzimas que liberan precursores varietales, metabolitos fermentativos (alcoholes superiores, ácidos, ésteres, compuestos azufrados), etanol/solventes que extraen compuestos, y autólisis durante la crianza (Romano et al., 2019). En este marco, *H. uvarum* destaca por elevar acetatos frutales (2-feniletal acetato) y *S. bacillaris* por su carácter fructofílico, alta concentración de glicerol y tendencia a baja acidez volátil en mezcla con *S. cerevisiae* (Romano et al., 2019). En condiciones de mosto sintético estándar (200 g/L azúcares, 300 mg/L, nitrógeno asimilable por la levadura (YAN), pH 3.3; 2×10⁶ cel/mL; 28 °C), *S. bacillaris* consumió ≈102–109 g/L de azúcares en 48 h, mientras *H. uvarum* apenas ≈52 g/L, confirmando su menor capacidad fermentativa inicial (Morcillo-Parra et al., 2025).

No obstante, gran parte de los estudios disponibles sobre *H. uvarum* y *S. bacillaris* procede del análisis con escalas experimentales y cepas diversas, lo que dificulta la comparación directa de resultados enológicos (Feng et al., 2021). Asimismo, esta heterogeneidad metodológica limita la transferencia de hallazgos al contexto productivo (Englezos et al., 2022). La variabilidad se ve amplificada por factores de proceso: el nitrógeno asimilable modula la formación de alcoholes superiores (deseable <300 mg/L; >400 mg/L perjudicial) y la acidez volátil (óptimo ~0.2–0.7 g/L; defectos >0.7–1.1 g/L), la temperatura altera la liberación de tioles y la retención de ésteres, y existen diferencias a nivel de especie/cepa en la producción de ésteres y acetaldehído (Romano et al., 2019). Reducir la temperatura a 16 °C prolonga la fase de latencia y retrasa eventos metabólicos clave, evidenciando la sensibilidad del sistema a la temperatura (Morcillo-Parra et al., 2025). Además, las interacciones melatonina–proteína se observaron únicamente en levaduras con buen desempeño (incluida *S. bacillaris*) y en fase exponencial, no en *H. uvarum*, lo que apoya que los efectos enológicos sean altamente dependientes de las condiciones de la fermentación (sustrato, temperatura, fase de crecimiento) (Morcillo-Parra et al., 2025).

Dentro de este panorama la realización de esta investigación como revisión sistemática se justifica porque la literatura sobre *Hanseniaspora uvarum* y *Starmerella bacillaris* es amplia pero metodológicamente no uniforme en protocolos (secuencial 24 – 48h, mixto/coinoculación, cultivos puros), relaciones de inóculo no-*Saccharomyces* : *Saccharomyces cerevisiae* (NS:Sc), temperaturas, manejo de YAN/SO₂, Mostos sintéticos vs. Mostos de uva en microvinificación, piloto e industrial, lo que impide extraer conclusiones generalizables a partir de estudios aislados y exige un marco comparativo estandarizado que ordene la evidencia y reduzca sesgos. Así, compendiar y contrastar de forma crítica los efectos aromáticos y de color asociados a *H. uvarum* bajo secuencial/mixto (Mestre et al., 2019; Tristezza et al., 2016; Gao et al., 2022) junto con su dependencia del nitrógeno asimilable y de la cepa que aporta criterios replicables para la selección y el diseño de proceso; del mismo modo, integrar los hallazgos de *S. bacillaris* sobre reducción de alcohol, aumento de glicerol, beneficios coloidales y estabilidad cromática en tintos, con seguimiento temporal y variación de matrices (Velenosi et al., 2021; Nadai et al., 2021; Lemos Junior et al., 2020; Oláhne Horváth et al., 2020), permite calibrar expectativas tecnológicas y sensoriales según objetivo enológico. Además, una síntesis sistemática explícita lagunas como los puntos de relevo no comparables donde se definen los criterios para la inclusión de *S. cerevisiae* tras la no-*Saccharomyces*, definiciones operativas dispares, métricas sensoriales no armonizadas y riesgos de extrapolación, prioriza líneas de investigación y desarrollo como ensayos factoriales (especie, foco, YAN, temperatura y SO₂) con métricas comunes tales como valor de actividad odorante (OAV), fracciones de manoproteínas y validación a escala de bodega, que la evidencia de cribados y condiciones de aireación ya sugiere pero no consolida por sí sola (Jolly et al., 2022). En suma, la revisión sistemática dota de validez interna y utilidad externa a un campo disperso, convierte resultados fragmentarios en guías operables para bodega y fundamenta hipótesis contrastables que fortalezcan la reproducibilidad y la transferencia industrial de estas biotecnologías.

2. METODOLOGÍA

Esta revisión se llevó a cabo de acuerdo con las indicaciones de la declaración PRISMA (Page et al., 2021), con el fin de realizar un proceso que implicó la búsqueda, selección y evaluación de resultados de forma rigurosa, reproducible y transparente. Dentro de esta revisión se incluyeron los artículos más recientes disponibles en las bases de datos para ofrecer una visión actualizada y crítica.

La construcción de la pregunta de investigación se desarrolló utilizando la metodología PICO con el fin de asegurar una búsqueda y una selección precisas y pertinentes que se integren con los objetivos de la investigación (Universidad de Navarra, 2025), donde P (población) es la fermentación alcohólica del vino, I (intervención), el uso de levaduras no-*Saccharomyces*, siendo el eje central las levaduras *H. uvarum* y *S. bacillaris*, C (comparación) es la fermentación tradicional con *S. cerevisiae* y O (resultados), donde se evaluaron los resultados tales como: perfil aromático, eficiencia fermentativa y calidad sensorial.

Para esta revisión sistemática, se emplearon las siguientes bases bibliográficas: *Scopus*, *ScienceDirect* y *Web of Science*. Para la búsqueda de los artículos se utilizaron los siguientes parámetros de búsqueda:

Parámetros de búsqueda	(<i>Hanseniaspora uvarum</i> OR <i>Starmerella bacillaris</i>) AND (alcoholic fermentation OR wine fermentation) AND (volatile compounds OR sensory quality OR organoleptic properties OR aroma profile)
	(<i>Hanseniaspora uvarum</i> OR <i>Starmerella bacillaris</i>) AND (alcoholic fermentation OR wine fermentation)

El proceso de búsqueda tuvo como propósito obtener los resultados pertinentes dentro de las bases de datos seleccionadas. Para la organización y gestión de la información se emplearon diversas herramientas tales como: Rayyan, utilizada para la selección y clasificación de artículos; Mendeley, para la gestión bibliográfica y

eliminación de duplicados; Excel, Word y Google Drive para el registro y análisis de datos y *SRAccelerator*, para la eliminación de artículos duplicados. Con el objetivo de asegurar una selección rigurosa y coherente con los propósitos de la revisión, se establecieron y aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión, orientados a definir los estudios elegibles para el análisis:

Tabla 1. Parámetros de inclusión/exclusión para estudios sobre *H. uvarum* y *S. bacillaris*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Se tuvieron en cuenta estudios de investigación ya fueran experimentales o ensayos controlados donde analizaron estas levaduras considerando que estuvieran presentes los siguientes puntos:	Por lo tanto, no se consideraron investigaciones experimentales con los siguientes criterios:
• Características fermentativas • Perfil aromático • Compuestos volátiles • Impacto sensorial. • Acceso abierto al estudio en cuestión. • Las levaduras hicieron parte de fermentación mixta (co-inoculada) o secuencial ya sea con <i>S. cerevisiae</i> u otras no-<i>Saccharomyces</i>, • Estudios donde se haya realizado una fermentación espontánea y establezca su presencia dominante. • Artículos a partir del 2015 hasta el año 2025 en inglés y español.	• Fermentación en cerveza, sidra, pan u otros alimentos. • Levaduras ajenas a <i>H. uvarum</i> y <i>S. bacillaris</i>. • Estudios sin métricas claras, muestras pequeñas, donde no midan parámetros relevantes o sin análisis estadístico. • Tesis y revisiones. • Publicaciones anteriores al 2015. • Idiomas diferentes al inglés o español. • Sin acceso abierto a todo público

Análisis de los artículos seleccionados

La selección de estudios se llevó a cabo en dos fases. La primera fase se dividió en los siguientes puntos:

- Se utilizó la herramienta Mendeley y Accelerator (<https://sr-accelerator.com/#/deduplicador>) con el fin de encontrar los duplicados.
- Tras eliminar los duplicados iniciales, los artículos restantes se descargaron nuevamente desde Accelerator y se subieron a Rayyan.
- En esta etapa se procedió a la lectura de títulos y resúmenes utilizando la herramienta Rayyan, con el fin de aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos; para ello, se implementaron filtros con palabras clave como 'cerveza', 'sidra', 'pan' y otros alimentos, con el objetivo de eliminar los estudios no pertinentes y garantizar que los artículos seleccionados se centraran exclusivamente en la fermentación del vino y en las levaduras *H. uvarum* y *S. bacillaris*.
- Posteriormente, se revisaron de nuevo los artículos en Rayyan. En esta etapa se confirmaron aquellos que cumplían con los criterios de inclusión, realizando una segunda lectura de los títulos y resúmenes para asegurar su pertinencia.

La segunda fase consistió en la revisión de los textos, leyéndolos en su totalidad para confirmar su relevancia y calidad, basándose en los criterios de inclusión y exclusión. En esta fase también se descartaron aquellos estudios que, tras la lectura completa, no aportaron información suficiente para esta revisión. Finalmente, los

resultados del proceso de búsqueda y selección, desde el número de registro inicial en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, fueron clasificados utilizando un diagrama de flujo (Page et al., 2021).

Se realizó una selección de datos con el fin de obtener información relevante de cada estudio incluido en la revisión sistemática: datos bibliográficos, diseño metodológico, características de la intervención (tipo de levadura no-*Saccharomyces*, modo de aplicación, monocultivo (cultivo puro) o mixto), condiciones de fermentación (temperatura, tiempo) y resultados obtenidos (perfil aromático, eficiencia fermentativa, calidad sensorial). Esta información se sintetizó de forma narrativa y se complementa con tablas comparativas que permitieron identificar tendencias y diferencias en los hallazgos entre los estudios, siguiendo los criterios establecidos por PRISMA, para garantizar una presentación clara y estructurada de los resultados.

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

3.1 Cuantificación de la información

En la fase inicial se identificaron 1884 registros; tras la depuración de duplicados en Mendeley (710), Accelerator (780) y Rayyan (1), se procedió al cribado de títulos y resúmenes, del que 216 estudios avanzaron y 563 fueron descartados; posteriormente, dentro de esos 216, 152 se descargaron para lectura completa, 27 se excluyeron en esta etapa, 31 carecían de acceso abierto y 5 no se localizaron; finalmente, la evaluación a texto completo condujo a la inclusión de 40 artículos para la revisión sistemática. El análisis detallado de la búsqueda y la selección se presenta en el diagrama de flujo PRISMA de la figura 1.

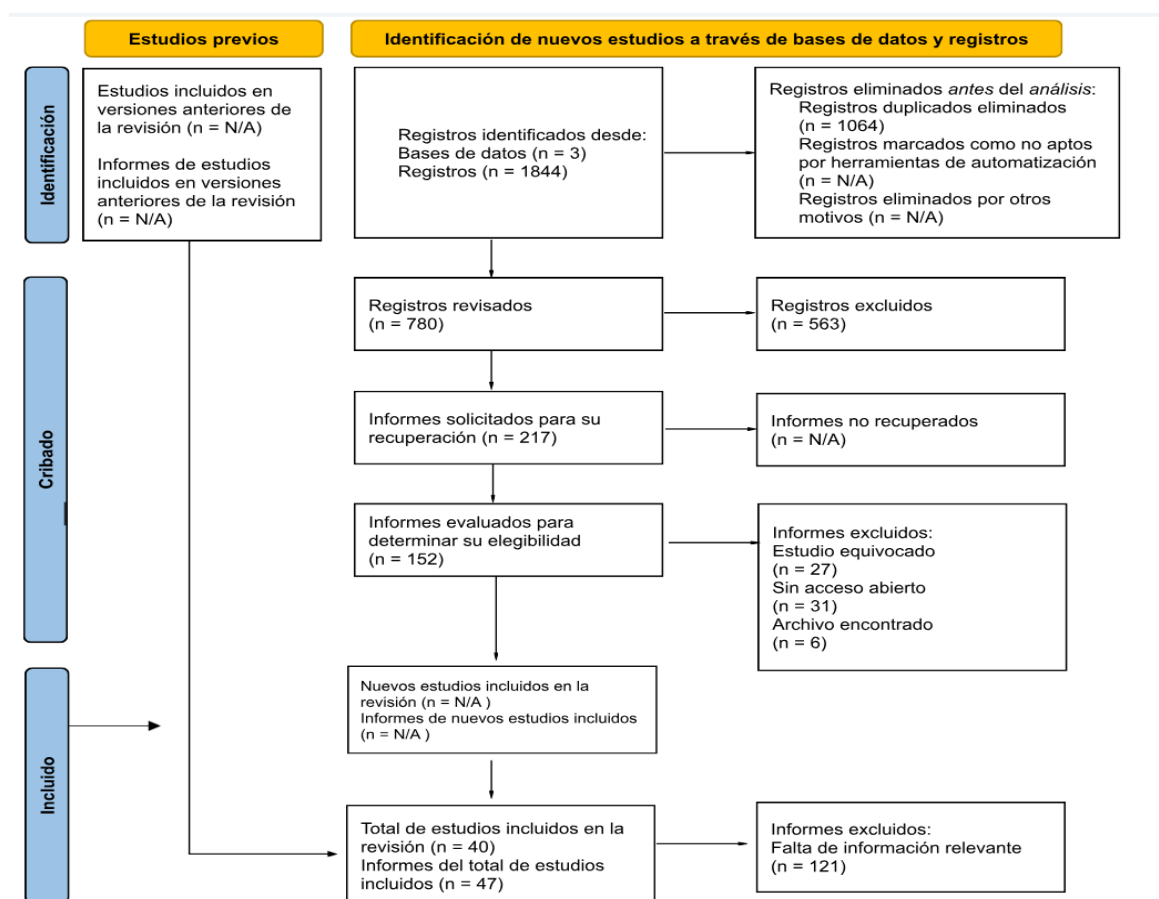


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA de la selección de literatura para la revisión sistemática

3.2 Impacto de especies no *Saccharomyces* en la calidad del vino

Las levaduras no-*Saccharomyces* se han consolidado como herramientas enológicas capaces de modular la calidad del vino sin comprometer la fermentación. En conjunto, permiten reducir el contenido de etanol, incrementar el glicerol, ajustar la acidez volátil, potenciar los niveles de ésteres frutales y terpenos y producir polisacáridos con efectos favorables sobre la estabilidad coloidal y la sensación en boca (Tabla 2; Tabla 3). La magnitud de estos efectos depende en gran medida de la carga inicial y la diversidad de especies presentes en el mosto procedentes de la microbiota nativo o de la inoculación dirigida. Para sintetizar y comparar la evidencia, la información se organizó en dos tablas que resumen el impacto de *H. uvarum* y *S. bacillaris* sobre la calidad del vino, la estabilidad enológica y el perfil organoléptico.



Figura 2: Distribución de especies estudiadas en la revisión.

La figura 2 muestra un predominio de *Starmarella bacillaris* (S.B) en un 50% frente a *Hanseniaspora uvarum* (H.U) siendo esta un 35%, mientras que los trabajos que evalúan ambas especies en un mismo estudio representan el 13% del total. Este sesgo hacia *S. bacillaris* es consistente con su fructofilia, bajo rendimiento etanólico y su aportación a glicerol y polisacáridos/manoproteínas, atributos que la han posicionado como herramienta tecnológica para reducir alcohol y mejorar la boca/estabilidad coloidal en blancos y matrices de alto azúcar; en paralelo, *H. uvarum* suele priorizarse cuando el objetivo es complejidad aromática (ésteres frutales, terpenos, C13-norisoprenoides) con reducciones alcohólicas moderadas, típicamente en esquemas secuenciales o mixtos con *S. cerevisiae*. La proporción de estudios donde aparecen ambas especies es la que tiene menor porcentaje lo que sugiere que aún hay espacio para comparaciones directas bajo diseños estandarizados como la matriz del mosto/vino, ventana de inoculación y mismo manejo de YAN/SO₂ que permitan aislar efectos especie-dependientes y fortalecer la validez externa de las recomendaciones enológicas.

Tabla 2. Resumen de estudios de *Hanseniaspora uvarum* en vinificación: Ventajas de Calidad y perfil organoléptico.

Cepa	Protocolo de inoculación	Condiciones de fermentación	Mosto/vino	Ventajas de calidad	Referencias
CP, GS29, GS36, GS38	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> : <i>H. uvarum</i> 10 ⁶ CFU/mL <i>S. cerevisiae</i> 10 ⁶ CFU/mL 48 h después	T: 25 ± 1 °C, hasta RS (azúcar residual) < 2 g/L. Seguimiento diario. Estabilización en frío posterior.	Cabernet Sauvignon (Tai Gu, China; vendimia 2021)	En co-fermentación: GS29 y GS38 mejoraron la diversidad aromática y el gusto. GS36 aumentó intensidad / complejidad aromática Cambios metabólicos consistentes con mayor complejidad del vino.	(Wang et al., 2024)
H3	Secuencial: <i>H. uvarum</i> 48 h después <i>S. cerevisiae</i> Para producir sedimento posfermentativo rico en células de levadura y compuestos adsorbidos que se mantiene en contacto con el vino (lías) Luego AOL (crianza sobre lías) con lías (tratadas por HHP (alta presión hidrostática), enzimas o sin tratar)	Fermentación de lías a 20 ± 1 °C hasta consumir azúcares. AOL 3 meses a 20 ± 1 °C con 5% v/v de lías Batonnage por 2 semana	Vino blanco (mezcla Sauvignon Blanc/Pinot Gris) para AOL Mosto sintético (MS300) para generar lías.	Lías de fermentación secuencial tratadas por HHP dieron mejor evolución de color, mayor protección antioxidante y perfil volátil más favorable. Puntuaciones más altas en notas florales/frutales y preferencia del panel.	(Voce et al., 2024)

Yun268 (CCTCC M2013658)	Mixto con <i>S. cerevisiae</i> F5. Co-inoculación simultáneo (HS0) o secuencial: <i>H. uvarum</i> entré 48 horas 96 horas antes Relación de inoculación 1:2 Total 6×10^6 CFU/mL	T: 22 °C. Medio sintético y vinificación. Fermentación estática (ensayo realizado sin agitación) Seguimiento por pérdida de peso/etanol	Medio sintético tipo jugo y Cabernet Gernischt	Aumento de un 37% en ésteres etílicos de ácidos grasos de cadena media vs. monocultivo (puro) Mejora del aroma frutal (PLSR) El momento de inoculación moduló biomasa y cinética del etanol.	(Hu et al., 2018)
Yun268	Mixta con <i>S. cerevisiae</i> SiF (fermentación simultánea): 1:2 <i>H. uvarum</i> : <i>S. cerevisiae</i> SeF (fermentación secuencial): <i>H. uvarum</i> 48 horas antes EE (extracto extracelular) y PF (solo <i>S. cerevisiae</i>)	Ecolly blanco: 20 °C Cabernet Sauvignon: 23 °C Inóculo total: 6×10^6 CFU/mL Seguimiento hasta <2 g/L azúcares y crianza 6 meses a 4 °C	Vinos Ecolly (blanco) y Cabernet Sauvignon (tinto)	SiF: alto en terpenos, C13-norisoprenoides y ésteres etílicos EE: alto en volátiles varietales SeF con exceso de <i>H. uvarum</i> : alto en acetatos y fenoles volátiles (defecto “removedor de uñas”)	(Hu., K., et al., 2018)
XJ15	Secuencial: <i>H. uvarum</i> 2 días antes de <i>S. cerevisiae</i> HL1 Inóculo 107 CFU/mL	Piloto 170–220 L. T: 22–25 °C Seguimiento de °Brix	Beimei y Cabernet Sauvignon (Ningxia, China)	Alto en putrescina y cadaverina en vino Aumento de ésteres (acetato de isoamilo, etil acetato) Notas florales/frutales (OAV>1).	(Han et al., 2025)
QTX22	Cultivo puro en microvinificación (~106 CFU/mL)	350 mL T: 18 °C hasta fin de pérdida de Peso sin calentamiento previo del mosto.	Vidal icewine (Helan, China)	Alto en notas dulces y florales Mejora de compuestos como lactonas y ésteres Optimiza el equilibrio de ácidos/polifenoles.	(Ge et al., 2022)

HUG2	Cultivo puro y co-inoculación por pares con <i>Rhodotorula</i> / <i>Metschnikowia</i> Inóculo 106 CFU/mL	9–12 L T: 14–18 °C Secuencias de muestreo (inicio, medio, fin) Completan AF con azúcares <4 g/L.	Marselan (Huailai, China)	Alto ésteres totales (cepa HUG2) + <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> (cepa RMG5)) con etil octanoato/decanoato altos) y fruta fresca Perfiles aromáticos superiores a control.	(Hu et al., 2024)
GA112	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> (autóctona y/o comercial) <i>S. cerevisiae</i> inóculo 48 horas después	Microvinificación T: 20 °C Cinéticas: con <i>H. uvarum</i> + <i>S. cerevisiae</i> comercial ~14 días Mejor con autóctonos.	Carricante (Etna, Sicilia)	Alto en ésteres y satisfacción sensorial. Perfila terroir.	(Fazio et al., 2025)
No específica	Secuencial: arranque con no- <i>Saccharomyces</i> (NS) inmovilizada con perlas de alginato de calcio que inmovilizan células de la levadura incluye <i>H. uvarum</i> luego <i>S. cerevisiae</i> libre	T: 25 °C Fermentadores 1 L con 400 mL fermentación estática Seguimiento por pérdida de peso (CO ₂) 72 h de pre-fermentación de <i>H. uvarum</i> antes del relevo Mismas condiciones de reactor	Mostos naturales (Chardonnay, Montepulciano d'Abruzzo – NGJ) y sintéticos (SGJ)	Reducción de etanol respecto a <i>S. cerevisiae</i> en Cultivo puro (estrategia de baja graduación) Incremento de acetato de etilo/ésteres Cambios en compuestos fermentativos y evolución cinética documentada	(Canonico et al., 2016)
No específica	Ensayos comparativos Cultivo puro <i>H. uvarum</i> (STS45) y co-cultivo con <i>S. cerevisiae</i> (SRS1)	T: 9–19 °C Fermentaciones en triplicado	Montepulciano d'Abruzzo (vino tinto)	Arranque más rápido en co-cultivo Glicerol más alto a 3 días Perfil aromático diferenciado vs. control	(Tofalo et al., 2016)

No especifica	Mixto con <i>S. cerevisiae</i> : simultáneo y secuencial (<i>S. cerevisiae</i> cuando el alcohol alcanzó 5% v/v) Relación 100:1 (<i>H. uvarum</i> : <i>S. cerevisiae</i>) a 10^7 vs 10^5 CFU/mL	T: 25 °C microvinificaciones en 450 mL de mosto Fermentaciones completas en ~14 días Ensayos piloto/industriales incluidos	Mosto de Negroamaro (205 g/L azúcares; pH 3.44) También a escala piloto/industrial	Mayor producción de ésteres/frutales (isoamyl acetate, ethyl octanoate, phenylethyl acetate) y diferencias en volátiles Buenas cinéticas Menor alcohol en algunos casos (mejora sensorial)	(Tristezza et al., 2016)
BF345	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> Selección por β -glucosidasa Inóculo inicial 10^6 CFU/mL	T: 23 °C Intervalos secuenciales 24–48 horas según cepa Pruebas en mosto sintético y vinificación Inóculo inicial 10^6 CFU/mL Pruebas en mosto sintético y vinificación	Mosto/vino de Cabernet Sauvignon y Chardonnay (escala de vinificación)	Incremento de compuestos volátiles (acción β -glucosidasa) y mejoras sensoriales Mejoras en aroma (florales y frutales) y calidad cuando se usa en secuencial con <i>S. cerevisiae</i> (perfil aromático/sensori al)	(Gao et al., 2022)
No especifica	Secuencial: <i>H. uvarum</i> BHu9 (5×10^6 CFU/mL) después de 48 horas se agrego <i>S. cerevisiae</i> BSc114 (2×10^6 CFU/mL)	T: 25 ± 1 °C Estático Suplemento de N (20 mg/L (NH_4) ₂ HPO ₄ dos veces) Seguimiento diario por pérdida de peso	Malbec (vino tinto; 238 g/L azúcares; pH 3.8)	Bajo en etanol (mayor consumo de azúcar por % v/v) Aroma más frutal Mejor perfil sensorial vs. <i>S. cerevisiae</i> solo	(Mestre et al., 2019)
No especifica	Cultivo puro (comparativa con <i>H. vineae</i> / <i>H. osmophila</i> y <i>S. cerevisiae</i>)	T: 20 °C; microvinificaciones	Chardonnay (mosto natural)	Notas frutales/florales Alto en acetatos VA más alta que <i>H. vineae</i> Complejidad aromática	(Valera et al., 2021)

No especifica	Puro y secuencial (<i>H. uvarum</i> y <i>S. cerevisiae</i>)	T: 25 °C; microvinificación Prokupac Añade nutrientes Finaliza <4 g/L azúcares	Prokupac (Serbia)	Alto en glicerol (≈2× <i>S. cerevisiae</i>) Reducción de etanol hasta ~1% v/v Aroma frutal aceptable Color estable	(Mančić et al., 2022)
No especifica	Cultivo puro para cinéticas/consumo de N El brazo de aromas con AA fue para <i>H. uvarum</i> / <i>H. osmophila</i> / <i>Z. rouxii</i>	SM tipo Bely (100 g/L glucosa + 100 g/L fructosa) T: 25 °C Seguimiento 10 días (cinética) y 72 h (aromas con AA) YAN 140 mg/L.	Mosto sintético (SM)	Rápida toma de aminoácidos Alto en acetatos y alcoholes superiores dependiente del AA Guía para manejo de N para modular aroma.	(Badura et al., 2023)
No especifica	Coinoculación simultánea con <i>S. cerevisiae</i> (y/o <i>T. delbrueckii</i>) Razón 1:10 <i>Saccharomyces</i> : no- <i>Saccharomyces</i>	Sauvignon blanc T: 14–16 °C 10 L Seguimiento de AF y 30 días de post-fermentación a 10–12 °C FISH para poblaciones.	Mosto de Sauvignon blanc (uvas 220 g/L azúcar; pH 3.3).	Alto en ésteres especialmente acetatos Aumento de terpenos (linalol) Perfil sensorial con notas “fruta tropical”, cítricos y minerales mejoradas.	(Li et al., 2024)
S-2	Cultivo puro y secuencial con <i>S. cerevisiae</i> QA23 (secuencial cuando °Brix bajo 3). Inóculo 1×10 ⁶ CFU/mL Tanques 1200 L Duplicado	Temperatura de bodega cinética hasta sequedad estabilización / botellado estándar.	Tamjanika (Muscat Blanc) a escala industrial (Serbia)	AF completada Bajo en etanol hasta ~1.06 % v/v (mono) vs QA23 y mejora floral / frutal y complejidad Buena aptitud enológica. Altas calificaciones sensoriales en secuencial (complejidad, intensidad)	(Karabegović et al., 2022)

Varias cepas	Cribado y secuencial con <i>S. cerevisiae</i> en Merlot Mutagénesis ARTP en una cepa <i>H. uvarum</i> para mejorar desempeño.	T: 20 °C en Triple-M 100+100 g/L azúcares Tolerancias a 10–40 °C y 2–8% v/v etanol para cepas seleccionadas	Merlot (secuencial); también Triple-M sintético para cribado.	Bajo en etanol (22–32% en cepas candidatas) hasta ~1.4 % v/v en secuencial Aumento de glicerol como sumidero de C Cambios positivos en volátiles/ácidos orgánicos.	(Yang et al., 2025)
No específica	Inóculo: comunidades microbianas nativas de Malbec o Isabella No inoculación pura de <i>H. uvarum</i>	T: 25 °C fermentaciones en matraces 500 mL Sin agitación Seguimiento T0–T96 h	Jugo de uva Malbec pasteurizado	Las comunidades con distinta abundancia de <i>H. uvarum</i> (y otras NS) modificaron el perfil de volátiles del Malbec temprano en fermentación.	(Raymond Eder et al., 2025)

La Tabla 2 reúne los datos sobre las ventajas de calidad de los estudios que evalúan el papel de *H. uvarum* en fermentaciones vínicas bajo diferentes protocolos de inoculación, condiciones de prueba y tipos de mostos o vinos. En general, los resultados demuestran que esta levadura posee un alto potencial enológico por su capacidad de mejorar la complejidad aromática, modular la producción de etanol y aportar atributos sensoriales distintivos.

En los protocolos de inoculación se encuentran tres tipos de fermentación: fermentación secuencial, inoculación simultánea y monocultivo, siendo la fermentación secuencial la que abarca más del 50% de uso en los estudios seleccionados como se muestra en la figura 3, iniciando la fermentación con *H. uvarum* y en un tiempo determinado por el estudio (24 - 48 horas) se inocula *S. cerevisiae*. Esto es debido a una menor tolerancia al etanol de *H. uvarum* frente a *S. cerevisiae* y peor supervivencia en co-cultivo cuando incluyen el oxígeno disuelto, lo que favorece el reemplazo por *S. cerevisiae* en fermentaciones mixtas/secuenciales lo que demuestra un mejor manejo (Romano et al., 2019). Además de brindar un mayor control sobre los estudios diferenciándose de los estudios con coinoculación simultánea y monocultivo, esto debido a que los monocultivos suelen tardar más tiempo entre las 24 horas más en llegar a la sequedad que en secuencial y acidez volátil (VA) es ligeramente superior frente a otras estrategias de fermentación (Karabegović et al., 2022) y la coinoculación simultánea reduce el establecimiento temprano de *S. cerevisiae* debido a la competencia inicial con la *no-Saccharomyces* (seguimiento por FISH/flow-cytometry). Eso puede ralentizar su implantación si las condiciones no están bien balanceadas como relación de inóculo, YAN y temperatura (Li et al., 2024)

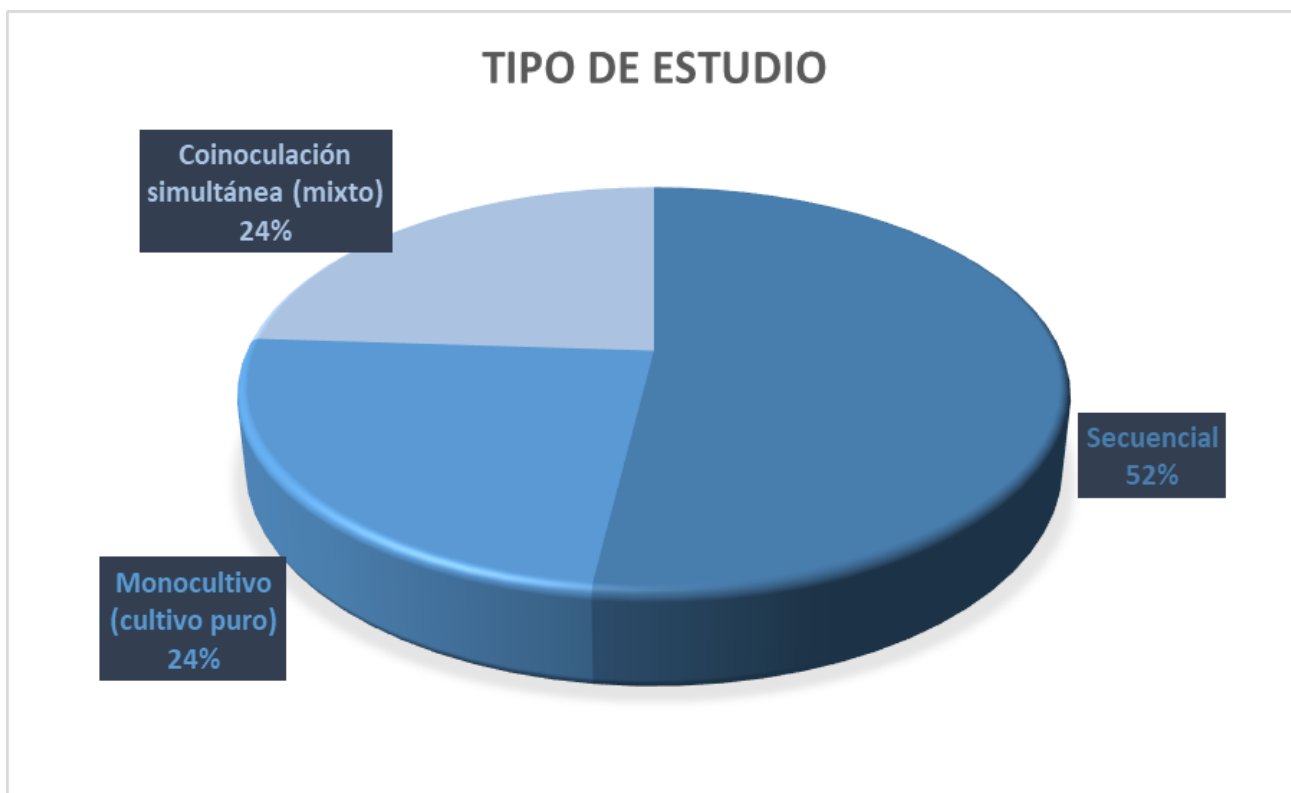


Figura 3: Perfil metodológico de los ensayos con *H. uvarum*

Dentro de estos estudios según la tabla 2 se pueden observar los efectos de estas cepas sobre el vino siendo los ésteres frutales y complejidad volátil aumentaron en 16 de los 20 estudios ya que estos ayudan a expresar los aromas frutales del vino, los terpenos y compuestos varietales donde se describen reportes positivos en fermentación simultánea (SiF), en blancos aromáticos y con linalol alto en Sauvignon blanc (Hu., K., et al., 2018; Li et al., 2024). Los estudios muestran reducciones consistentes de etanol: hasta $\approx 1,4$ % v/v en fermentación secuencial (Yang et al., 2025), $\approx 1,06$ % v/v a escala industrial con *H. uvarum* S-2 frente a QA23 (Karabegović et al., 2022) y $\approx 1,0$ % v/v en microvinificación de Prokupac (Mančić et al., 2022). Además, se registran descensos frente a *S. cerevisiae* con una cinética de fermentación normal (Canonico et al., 2016; Tristezza et al., 2016). Esto respalda la elaboración de vinos de graduación alcohólica moderada, no obstante, conviene programar el relevo hacia *S. cerevisiae* ya sea por tiempo o por estado de fermentación, por ejemplo, tras ~ 72 h de pre-fermentación de *H. uvarum* o cuando el mosto alcanza ~ 5 % v/v de alcohol para asegurar el cierre sin comprometer la cinética. Así mismo se encontró un alza en la concentración de glicerol en 4 trabajos adquiriendo así más volumen/untuosidad en boca, útil para equilibrar la acidez/tanino en vinos tintos o dar cuerpo en vinos blancos (Tristezza et al., 2016; Tofalo et al., 2022; Mančić et al., 2022; Yang et al., 2025). Entre otros atributos como en el *Vidal icewine* (Ge et al., 2022), que suben los niveles de lactonas y notas dulces/florales en el Carricante (Fazio et al., 2025) suben ésteres y satisfacción sensorial (expresión de terroir) y en blancos con lías tratadas por HHP (Voce et al., 2024). Mejora el color y protección antioxidante del vino. Sin embargo, no se pueden olvidar los riesgos de la acidez volátil / acetatos (riesgo): advertencias en 3 estudios: fermentación secuencial con exceso de *H. uvarum* puede disparar acetatos/fenoles volátiles (Hu et al., 2018), las perlas no retiradas en NGJ elevan acetato de etilo cerca del umbral del rechazo de los que, además de detectarse, el descriptor se identifica “pegamento” en acetato de etilo (Canonico et al., 2016).

De forma integral, el uso de *H. uvarum* es favorable para la industria del vino siempre que se diseñe y gestione bien el proceso, gracias a las ventajas que ofrece ganancias consistentes en complejidad aromática como el aumento de ésteres frutales y valores positivos en niveles de terpenos como linalol en Sauvignon blanc, y puede contribuir a moderar las concentraciones de etanol con caídas medibles hasta ~1.4 % v/v y ~1.06 % v/v a escala industrial y a mejorar el volumen en boca con una alza en la concentración del glicerol.

Tabla 3. Resumen de estudios de *Starmerella bacillaris* en Vinificación: Ventajas de Calidad y perfil organoléptico

Cepas	Protocolo de inoculación	Condiciones de prueba	Mosto/vino	Ventajas de calidad	Referencias
<i>Varias aisladas</i> 63 cepas	Ensayos de micro fermentación (Cultivo puro) y caracterización fisiológica para uso en mixtas con <i>S. cerevisiae</i>	T: 25 °C 14 días 25 mL de mosto de Barbera en tubos de 50 mL Condiciones estáticas	Mosto natural de Barbera (Italia)	Fructofílica Bajo en etanol y bajo ácido acético Alto glicerol Desempeño enológico favorable en condiciones de vinificación. Potencial en cofermentaciones para mejorar composición analítica.	(Englezos et al., 2015)
<i>MALV45</i>	MGSB (Cultivo puro, aerobiosis) y microvinificaciónes en SGJ/PGJ en puro y secuencial con <i>S. cerevisiae</i> EC-1118 (EC-1118 48 h después en SGJ/PGJ)	MGSB: 27 °C, 200 rpm, 96 h SGJ/PGJ: 22 °C, estático, hasta 40–45 días	Mosto sintético (SGJ) y jugo pasteurizado (PGJ)	Capacidad alta de producir GSH (glutación) y buena acumulación celular, la producción fue mayor en PGJ que en SGJ. Potencial para mejorar estabilidad / antioxidantes del vino y como cultivos activos o inactivados.	(Lemos Junior et al., 2021)

FC54	Secuencial: <i>S. bacillaris</i> primero por 48 horas segundo de <i>S. cerevisiae</i> Uvaferm BC® (ambas a 5×10^6 cel/mL)	T: 20 °C 1 L botellas (800 mL de mosto) Fin cuando glucosa+fructosa < 2 g/L	Chardonnay, Muscat, Riesling, Sauvignon blanc	En general, reducción de ésteres totales incluyendo acetato de etilo En Sauvignon blanc alto en ésteres y tioles (atributos positivos) Glicerol / acidez modulados según variedad Sugiere potencial para modular aroma/estructura.	(Englezos et al., 2018)
No especifica	Pura y mixta con <i>S. cerevisiae</i> (co-inóculo y secuencial 48 h); selección de 3 cepas (X2-10, Y1-2, Y2-9)	Microfermentaciones a 25 ± 2 °C 15 días en bodega co-inóculo, 25 ± 2 °C, hasta <2 g/L azúcares; inóculo típico $1-2 \times 10^6$ cel/mL	Mosto de Nebbiolo de uva parcialmente deshidratada (Sforzato / Sfursat)	Bajo en etanol (0.34 % v/v) Alto en glicerol (0.46 g/L) en mixtas Buen desempeño en laboratorio y bodega	(Serafino et al., 2023)
No especifica	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> (EC1118) <i>S. bacillaris</i> 24–48 h antes Densidad 1×10^6 cel/mL	Mosto sintético MS300 (pH 3.3) y mosto blanco natural Incrocio Manzoni a 20 °C Aclaración por centrifugación / filtración	Vino base blanco (ensayos de color / antioxidantes)	Alto en polifenoles totales (+6 % vs EC1118) Aumento de actividad antioxidante (cepa FRI751) ΔE del color influido por la cepa Alternativa sostenible para modular color	(da Silva Duarte et al., 2024)
FRI751, PAS13	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> EC1118 (<i>S. cerevisiae</i> a 48 h) y Cultivo puros	Mosto sintético MS300 T: 20 °C pH 3.2 Extracción de manoproteínas Prueba de estabilidad proteica en vino	Vino blanco inestable	Extractos de fermentación secuencial aumento de fracción de polisacáridos de bajo PM y mejoran la estabilidad	(Moreira et al., 2024)

		inestable		proteica del vino (más que <i>S. cerevisiae</i> solo)	
No especifica	Mixta con <i>S. cerevisiae</i> F6789 (1:1) y Cultivo puro Método tradicional (segunda fermentación en botella)	T: 15 °C 24 g/L sacarosa ~6 log CFU/mL Seguimiento de presión (bar) a 3, 6, 9 meses	Vino base (Trebbiano 85%, Pecorino 15%)	En co-inóculo: fermentación completa Alto en glicerol (6.51 g/L) Perfil sensorial diferenciado (especies, corteza de pan, frescura, floral) Cultivo puro de <i>S. bacillaris</i> no completó la segunda fermentación	(Tofalo et al., 2022)
FC54	Secuencial 48 h <i>S. bacillaris</i> FC54 seguido de <i>S. cerevisiae</i> 1×10 ⁶ cel/mL cada especie	T: 25 °C Mosto pasteurizado Seguimiento hasta <2 g/L azúcares	Vitis vinifera cv. Barbera (tinto)	En mixtas: Bajo en etanol, disminución de acidez volátil y etil acetato Alto en glicerol, alcoholes superiores y ésteres Efectos cepa-dependientes del socio <i>S. cerevisiae</i>	(Englezos et al., 2019)
No especifica	Secuencial 48 h con <i>S. cerevisiae</i> Evaluación conjunta con MLF por <i>O. oeni</i> y <i>L. plantarum</i> (co-inóculo vs secuencial)	T: 25 °C Mosto Barbera Monitoreo AF y MLF (HPLC; poblaciones viables)	Barbera tinto (microvinificaciones)	La MLF pudo estimularse, inhibirse o no afectarse según cepas y estrategia <i>O. oeni</i> realizó MLF en todos los casos MLF incompleta seguida de una baja complejidad aromática	(Russo et al., 2020)

<i>varias cepas</i>	Cultivo puro (microfermentación) 5×10 ⁶ CFU/mL	75 mL mosto blanco pasteurizado T: 17 ± 1 °C, 31 días Control con <i>S. cerevisiae</i> .	Mosto blanco mixto (Galicia)	Alto en glicerol Disminución de acetaldehído y SO ₂ total Menor poder fermentativo vs <i>S. cerevisiae</i> (especie fructofílica).	(Castrillo & Blanco, 2023)
3MS	Cultivo puro (piloto)	200 L Tannat Inóculo de 2×10 ⁶ cel/mL T: 21 ± 2 °C 11 días Cinética similar a <i>S. cerevisiae</i> Muy fructofílica.	Tannat (200 g/L azúcares; pH 3.46; YAN 120 mg/L)	Bajo en ~2% v/v etanol vs <i>S. cerevisiae</i> Alto en ésteres, norisoprenoides y terpenos (aroma floral/frutal), mayor complejidad aromática con la cepa 3MS. Seguimiento de cinética y volátiles por GC-MS/HPLC	(de Ovalle et al., 2025)
H18	Secuencial: <i>S. bacillaris</i> 2 días antes de <i>S. cerevisiae</i> HL17 107 CFU/mL	Piloto 170–220 L T: 22–25 °C Esquemas y seguimiento detallados.	Beimei y Cabernet Sauvignon (Ningxia, China)	Bajo en putrescina / cadaverina en vino Alto en ésteres y notas florales / frutales (OAV>1).	(Han et al., 2025)
YC33	Cultivo puro	350 mL T: 18 °C ~106 CFU/mL Fin por peso constante.	Vidal icewine	Alto en pirúvico/láctico (junto a otras NS) Bajo en acético vs control Contribuye a aroma dulce/frutal y complejidad.	(Ge et al., 2022)
10 cepas	Co-inoculación con <i>S. cerevisiae</i> Células libres vs células desprendidas de biofilm (ambas 6 log CFU/mL)	Mosto Montepulciano T: 25 °C Comparación planktonic vs biofilm-detached	Montepulciano d'Abruzzo	Biofilm-detached: Alto en glicerol y antocianinas / polifenoles, bajo en etanol Color más rojo.	(Rossetti et al., 2024)

Cz3	Secuencial: NS seguidas de <i>S. cerevisiae</i> NF213 a las 72 horas.	Duración de fermentación ≈ 2 semanas Sin diferencias en pH, ácidos orgánicos (Temperatura no especificada en las secciones consultadas).	Frappato (Sicilia)	Mayor glicerol (Cz3>otros) Alto en ésteres Mejora frutal/floral sin defectos sensoriales. Reducciones de etanol de 0.21 – 0.34% v/v vs. control.	(Francesca et al., 2024)
BV13	Secuencial con <i>S. cerevisiae</i> (autóctina/comer- cial)	Microvinificación T: 20 °C Cinéticas Con <i>S. bacillaris</i> + <i>S. cerevisiae</i> autóctino ≈ 12 días (rápida).	Carricante (Etna, Sicilia)	Alto en alcohol fenilético (floral), complejiza ésteres / alcoholes Contribución complementaria a <i>H. uvarum</i> .	(Fazio et al., 2025)
No especifica	Cultivo puro de <i>S. bacillaris</i> (STS12) y co-cultivo con <i>S.</i> <i>cerevisiae</i> (SRS1) Comparación con starters autóctonos	T: 9 –19 °C triplicado	Montepulciano d'Abruzzo	Arranque acelerado (en co-cultivo) Alto en glicerol temprano Impacto aromático	(Tofalo et al., 2016)
No especifica	Mixta (multistarter) con <i>S. cerevisiae</i> (y <i>Z. florentina</i>) <i>S. bacillaris</i> #22	T: 14 °C y 20 °C Mosto blanco enriquecido a 35% (m/m) azúcares Pasteurizado	Mosto blanco de alta azúcar (modelo vinos de postre)	Acetaldehído mucho más bajo (66–74 mg/L) que control Etil acetato < umbral y poco afectado por Temperatura VA aumentó al subir a 20 °C, aunque <i>S.</i> <i>bacillaris</i> mantiene baja acidez volátil típica Control de VA y complejidad aromática mejorada en multistarter	(Lencioni et al., sec2018)

No especifica	Secuencial: NS hasta ~2% v/v etanol, luego <i>S. cerevisiae</i> (control <i>S. cerevisiae</i> solo)	T: 25 °C 10 L con sombrero Placas WL Seguimiento 17 días	Shiraz (Sudáfrica)	Patrón fructofílico al inicio Cambios en ésteres, alcoholes y terpenos Tratamientos NS con perfiles volátiles diferenciados	(Whitener et al., 2017)
No especifica	Aplicación en piel de uva (inmersión de racimos) seguido de fermentación Secuencial: <i>S. cerevisiae</i> EC1118 a las 48 h	Racimos a 25 °C durante 0/24/144 h antes del estrujado Fermentación a 20 °C hasta < 1 g/L de azúcar residual	Incrocio Manzoni (mosto blanco, 204 g/L azúcares; pH 3.5)	Alto en glicerol ($\approx 4.9 \pm 0.47$ g/L) Posible baja en VA Biocontrol de <i>Botrytis</i> Mejora sensorial	(Nadai et al., 2021)
No especifica	Cultivo puro (comparada con <i>S. cerevisiae</i> y <i>S. uvarum</i>).	Medio de "jugo de uva" químicamente definido 220 y 320 g/L azúcares T: 20 °C 28 días 10 ⁶ CFU/mL Sin agitación Semi - anaerobiosis.	Mosto sintético	Alto en glicerol Fructofilia Menor rendimiento etanólico a alta osmolalidad Adecuada para cofermentación en mostos muy azucarados.	(Oláhné Horváth et al., 2020)
No especifica	Cultivo puro y secuencial (EC1118 tras 48 h).	Mosto sintético libre de polisacáridos (MS300) T: 20 °C 624 horas HPLC y ultrafiltración de MPs.	Mosto sintético Ensayo de estabilidad tartárica / proteica / espuma.	Alta liberación de manoproteínas en secuencial Mejora estabilidad proteica/tartárica Efecto en espumabilidad.	(Lemos Junior et al., 2020)
No especifica	Cultivo puro para consumo de AA (el ensayo de aromas con AA no incluyó <i>S. bacillaris</i>).	SM (200 g/L azúcares) T: 25 °C 10 días para cinéticas y 72 h para perfiles YAN 140 mg/L.	Mosto sintético (SM).	Datos de preferencia/consumo de AA que informan estrategias de N Sin resultados directos de aroma	(Badura et al., 2023)

				con AA para esta especie en el brazo específico.	
No especifica	Secuencial: <i>S. bacillaris</i> y <i>S. cerevisiae</i> (+48 h) Múltiples variedades tintas (Apulia).	Fermentaciones piloto Evaluación a descubado y tras 18 meses botella Análisis HPLC-UV-ESI-M S ⁿ de antocianos.	Negroamaro, Aleatico.	Alta intensidad y estabilidad de color (alto en vitisinas A/B y aductos antociano - flavonol) Sin penalizar grado alcohólico El efecto varía por variedad.	(Velenosi et al., 2021)
No especifica	Coinoculación secuencial con <i>S. cerevisiae</i> Comparación con/sin aireación en laboratorio y bodega.	Chenin Blanc Aeración 5 días (0.205 VVM) y luego anaerobiosis vs estándar sin aireación T: 22 °C lab / ~15 °C bodega Seguimiento consumo azúcar-alcohol.	Chenin Blanc (lab y pequeña escala de bodega).	Reducción de alcohol (más azúcar por % alc) Bajo aireación: disminuye la calidad sensorial En estándar: reducción de alcohol con efectos sensoriales neutros/positivos <i>S. bacillaris</i> destacó.	(Jolly et al., 2022)
No especifica	Inóculo: comunidades de Malbec o Isabella Parte de comunidades nativas (no inoculación específica de la especie)	T: 25 °C; fermentaciones en matraces 500 mL Sin agitación Seguimiento T0–T96 h	Jugo de uva Malbec pasteurizado	Diferencias en la abundancia relativa (incluyendo <i>S. bacillaris</i>) se asociaron con perfiles volátiles distintos en fermentaciones de Malbec.	(Raymond Eder et al., 2025)

La tabla 3 recopila datos sobre las ventajas de calidad de los estudios sobre *S. bacillaris* la cual ha sido ampliamente estudiada por su potencial enológico, especialmente en fermentaciones mixtas o secuenciales con *S. cerevisiae*. De acuerdo con los datos de la tabla 3, esta levadura destaca por su metabolismo fructofílico, es decir, su preferencia por consumir fructosa frente a glucosa, su capacidad de reducir el contenido alcohólico y aumentar la producción de glicerol, un compuesto que aporta suavidad y cuerpo al vino (Englezos et al., 2015; de Ovalle et al., 2025).

En los protocolos de inoculación se encuentran tres tipos de fermentación: cofermentación secuencial, coinoculación simultánea y monocultivo, siendo la cofermentación secuencial la que abarca el 60% de uso en los estudios seleccionados como se muestra en la figura 4. Al igual que *H. uvarum*, la fermentación se inicia con *S. bacillaris* y en un tiempo determinado por el estudio (24 - 48 horas) se inocula *S. cerevisiae*. Al ser una levadura no-*Saccharomyces* dominan la fase temprana, a medida que sube el etanol y cae el oxígeno lo que hace que sea reemplazadas por *Saccharomyces cerevisiae*. Para *S. bacillaris* además pesa su bajo rendimiento etanólico y su fructofilia (prefiere fructosa y no es tan vigorosa en condiciones de estrés), por lo que no es fiable para terminar sola una fermentación completa (Romano et al., 2019), teniendo las mismas complicaciones con coinoculación simultánea y monocultivo explicadas anteriormente.



figura 4: Perfil metodológico de los ensayos con *Starmerella bacillaris*

Dentro de estos estudios se pueden observar los efectos de esta cepa sobre el vino. Entre estos está la disminución en las concentraciones de etanol encontrada en 8 estudios, con rangos típicos menores entre el 0.2 a 2.0 % v/v según matriz del mosto/vino o diseño puede producir en 0.34 % v/v menos en alcohol al mosto Nebbiolo en coinoculación (Serafino et al., 2023), o porcentajes menores entre los 0.21 a 0.34 % v/v en vino Frappato en fermentación secuencial (Francesca et al., 2024), reducción de alcohol sin penalizar el olor en Apulia en fermentación secuencial (Velenosi et al., 2021) y descensos claros en Chenin blanc en fermentación secuencial, con y sin aireación (Jolly et al., 2022). En escala piloto y puro, la cepa *S. bacillaris* 3MS mostró un porcentaje menor al 2 % v/v vs *S. cerevisiae* (de Ovalle et al., 2025). Así mismo se encontró un aumento en el glicerol más frecuente en 10 estudios. El glicerol esclava para darle volumen/textura a los vinos, por lo que son significativos sus valores tempranos altos en una fermentación co-cultivo (Tofalo et al., 2016), en Mosto de Nebbiolo de uva parcialmente deshidratada se encontró un aumento en glicerol del 0.46 g/L en fermentación mixtas (Serafino et al., 2023), ≈4.9 g/L en aplicación en piel de la uva en conjunto con fermentación secuencial (Nadai et al., 2021). En medios definidos y alta concentración de azúcar dependiendo del estudio realizado, *S. bacillaris* mantiene los niveles de glicerol elevado (Oláhné Horváth et al., 2020; Englezos et al., 2019; Rossetti et al., 2024). Así mismo se describieron los datos sobre su perfil de componentes volátiles o aroma teniendo

efectos matrices del mosto/vino o cepas dependientes como *S. bacillaris* de *S. cerevisiae* para completar la fermentación de forma secuencial. En vinos blancos aromáticos (Chardonnay, Muscat, Riesling, Sauvignon blanc), la fermentación moduló los niveles de ésteres y en Sauvignon blanc, elevó la concentración de tioles (Englezos et al., 2018). En vino Frappato en fermentación secuencial aumentaron los ésteres y las notas florales/frutales con un valor de actividad odorante (OAV) >1 (Francesca et al., 2024). En piloto en vino Tannat (cultivo puro) se incrementó la concentración de ésteres, terpenos y norisoprenoides (de Ovalle et al., 2025). En vinos espumosos (fermentación mixta) se obtuvieron perfiles sensoriales diferenciados como especias, pan y floral con fermentación completa solo en cultivo mixto (Tofalo et al., 2022). También se encontró evidencia sólida sobre la mejora en color y estabilidad coloidal en tintos por vitisininas A/B y aductos antocianina-flavonol con persistencia a 18 meses (Velenosi et al., 2021). En vinos blancos se determinaron más polifenoles totales y una mayor actividad antioxidante (da Silva Duarte et al., 2024) y un aumento en la fracción de polisacáridos de bajo peso molecular que mejoran la estabilidad proteica (Moreira et al., 2024). Finalmente se identificó un control favorable en la acidez volátil y etil acetato manteniéndolos bajos, teniendo así un control positivo en alto azúcar dependiendo de la matriz del mosto/vino del estudio realizado y en cultivo iniciador múltiple (multistarter) (Lencioni et al., 2018), descenso del acetaldehído y del SO₂ total en cultivo puro (Castrillo & Blanco et al., 2023) y reducción de acidez volátil/etil acetato en fermentaciones mixtas en vino Barbera (Englezos et al., 2019).

En términos generales, *S. bacillaris* es favorable para la industria del vino ya que es de bajo rendimiento etanólico por fructofilia y derivación de carbono a glicerol, teniendo el efecto mayor con fermentación secuencial bien cronometrada y matrices de alto azúcar, podemos observar el total de ésteres puede bajar en algunas matrices (Englezos et al., 2018), pero se compensan notas varietales (tioles/terpenos) o estructura, la combinación especie, cepa de *S. c* y matriz del mosto/vino es determinante.

3.2.1 Efectos diferenciales de *H. uvarum* y *S. bacillaris* sobre la calidad del vino

En fermentación vinica, *H. uvarum* y *Starmerella bacillaris* son complementarias y se eligen según el objetivo enológico. En ambos casos, el esquema preferente es la inoculación secuencial con una ventana típica 24 a 48 horas antes de *S. cerevisiae*, porque permite expresar la contribución temprana de las no-*Saccharomyces* y asegurar la fermentación haya terminado y ya no queden azúcares fermentables en niveles relevantes con *S. cerevisiae*, aunque *H. uvarum* también se ha evaluado en coinoculación simultánea y monocultivo (Hu et al., 2018; Canonico et al., 2016; Voce et al., 2024). Metabólicamente, *H. uvarum* destaca por potenciar el perfil aromático como ésteres frutales, según la matriz, terpenos como linalol, con moderación del alcohol y mejoras de glicerol cuando el relevo está bien cronometrado entre el inicio de la cepa no-*Saccharomyces* y la inclusión de *S. cerevisiae*, aunque su principal cautela es el riesgo de acetatos/VA si se prolonga su dominio o no se retiran perlas al usar células inmovilizadas (Tabla 2). *S. bacillaris*, por su fructofilia y bajo rendimiento etanólico, es especialmente útil para reducir alcohol y aumentar glicerol, con efectos adicionales en color/coloides y un desempeño sólido en alto azúcar y espumosos, en estos casos, se prefiere fermentación mixta para completar la segunda fermentación; y su aporte aromático con ésteres/tioles/terpenos dependiendo de la matriz del mosto/vino (Tabla 3).

Tener esta información sintetizada y comparable entre ambas levaduras ayuda a encontrar un nuevo rol para las no-*Saccharomyces* ampliando el repertorio enológico más allá de *S. cerevisiae*, permitiendo diseñar un nuevo estilo para la fermentación y utilidad enológica, ya que *H. uvarum* aporta complejidad aromática temprana, puede moderar el alcohol (hasta ~1.4 % v/v; ~1.06 % v/v a escala industrial) y mejorar volumen siendo esta alta en glicerol, con beneficios adicionales vía lías-HHP en blancos mientras que *S. bacillaris* es estratégica por su fructofilia y bajo rendimiento etanólico según matriz del mosto/vino, siendo también alto en glicerol (cuerpo/textura), mejora color/estabilidad coloidal, y modula aroma con particular valor en alto azúcar y vinos espumosos.

4. CONCLUSIONES

La revisión consolida que la inoculación secuencial es el marco operativo predominante para aprovechar el aporte de las no-*Saccharomyces* y, en particular, de *Starmerella bacillaris* y *Hanseniaspora uvarum*, porque permite expresar sus efectos tempranos y, después, asegurar el cierre fermentativo con *S. cerevisiae*, esto se refleja en la distribución de estudios y en la preferencia metodológica reportada. Los hallazgos centrales como la reducción de etanol, aumento de glicerol, modulación de ésteres/terpenos y liberación de polisacáridos con impacto en la estabilidad coloidal y la sensación en boca tienen implicaciones directas para el diseño de estilos (vinos de menor graduación y mayor complejidad aromática/volumétrica), así como para estrategias de control tecnológico más finas en bodega. Como consecuencia práctica, la revisión sugiere priorizar esquemas secuenciales en matrices donde se busque modular alcohol y textura sin comprometer la robustez; reservar mixto/coinoculación para escenarios específicos (vinos espumosos o alto azúcar) y emplear monocultivo principalmente con fines de caracterización o en condiciones validadas, manteniendo vigilancia sobre la acidez volátil/acetatos cuando la fase NS se prolonga o el manejo nutricional es subóptimo.

A partir de estas inferencias, emergen hipótesis y líneas de investigación concretas: (H1) que la magnitud sensorial (OAV de ésteres/terpenos) en secuencial depende del punto de relevo y del particionamiento del YAN entre NS y *S. cerevisiae*; (H2) que, en tintos, la mejora cromática se asocia a trayectorias específicas de formación de vitisinias y aductos antocianina-flavonol, moduladas por el momento de inoculación; (H3) que, en espumosos, el éxito de la segunda fermentación requiere umbrales mínimos de relación no-*Saccharomyces* : *S. cerevisiae* y disponibilidad de nutrientes/oxígeno que garanticen la cinética a presión, justificando el uso de mixto frente a puro. Estas hipótesis conducen a líneas futuras: ensayos factoriales especie, ventana de inoculación, YAN, temperatura con métricas armonizadas (OAV, fraccionamiento de polisacáridos), validaciones a escala piloto/industrial, y protocolos estandarizados para espumosos (relación de inóculo, nutrientes y control de presión) que reduzcan la variabilidad entre estudios y fortalezcan la transferencia tecnológica al sector. En suma, los resultados de la revisión avanzan el campo al ofrecer un marco comparativo claro, con recomendaciones operativas y agendas de investigación que prioriza reproducibilidad, escalabilidad y calidad sensorial del vino.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y hermana por su continuo apoyo y amor dentro de mi proceso de aprendizaje, a mis profesores me enseñaron con paciencia y dedicación y a mi tutor Carlos Andres Martinez Garay, por su tiempo y amabilidad dentro de este proceso.

6. DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han usado herramientas de inteligencia artificial (IA) en la creación de este artículo

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Badura, J., Medić, M., van Wyk, N., Krause, B., Semmler, H., Brezina, S., Pretorius, I. S., Rauhut, D., & von Wallbrunn, C. (2023). Synthesis of Aroma Compounds as a Function of Different Nitrogen Sources in Fermentations Using Non-*Saccharomyces* Wine Yeasts. *Microorganisms*, 11(1), 14. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010014>

Canonico, L., Comitini, F., Oro, L., & Ciani, M. (2016). Sequential fermentation with selected immobilized non-Saccharomyces yeast for reduction of ethanol content in wine. *Frontiers in Microbiology*, 7, 278. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00278>

Castrillo, D., & Blanco, P. (2023). Characterization of Indigenous Non-Saccharomyces Yeast Strains with Potential Use in Winemaking. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.31083/j.fbe1501001>

da Silva Duarte, V., Treu, L., Campanaro, S., Guerra, A. F., Giacomini, A., Mas, A., Corich, V., & Lemos Junior, W. J. F. (2024). Investigating biological mechanisms of colour changes in sustainable food systems: The role of *Starmerella bacillaris* in white wine colouration using a combination of genomic and biostatistics strategies. *Food Research International*, 193, 114862. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114862>

de Ovalle, S., Morera, G., & González-Pombo, P. (2025). Pilot-scale assessment of native Uruguayan yeast strains for Tannat wine fermentation. *OENO One*, 59(2), 9163.

Englezos, V., Jolly, N. P., Di Gianvito, P., Rantsiou, K., & Cocolin, L. (2022). Microbial interactions in winemaking: Ecological aspects and effect on wine quality. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 127, pp. 99–113). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.015>

Englezos, V., Pollon, M., Rantsiou, K., Ortiz-Julien, A., Botto, R., Río Segade, S., Giacosa, S., Rolle, L., & Cocolin, L. (2019). *Saccharomyces cerevisiae*-*Starmerella bacillaris* strains interaction modulates chemical and volatile profile in red wine mixed fermentations. *Food Research International*, 122, 392–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.072>

Englezos, V., Rantsiou, K., Cravero, F., Torchio, F., Pollon, M., Fracassetti, D., Ortiz-Julien, A., Gerbi, V., Rolle, L., & Cocolin, L. (2018). Volatile profile of white wines fermented with sequential inoculation of *Starmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Chemistry*, 257, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.018>

Englezos, V., Rantsiou, K., Torchio, F., Rolle, L., Gerbi, V., & Cocolin, L. (2015). Exploitation of the non-Saccharomyces yeast *Starmerella bacillaris* (synonym *Candida zemplinina*) in wine fermentation: Physiological and molecular characterizations. *International Journal of Food Microbiology*, 199, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.01.009>

Fazio, N. A., Di Sanzo, R., Marino, G., Carabetta, S., Ligato, F., Ioppolo, F., Russo, M., Randazzo, C. L., Caggia, C., & Caccamo, M. (2025). Unraveling the influence of native non-Saccharomyces and *Saccharomyces cerevisiae* strains on Carricante wine volatile compounds and sensory profile. *Food Bioscience*, 68, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106559>

Feng, C. T., Du, X., & Wee, J. (2021). Microbial and chemical analysis of non-saccharomyces yeasts from chambourcin hybrid grapes for potential use in winemaking. *Fermentation*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation7010015>

Francesca, N., Naselli, V., Prestianni, R., Pirrone, A., Viola, E., Guzzon, R., Settanni, L., Maggio, A., Vaglica, A., Bruno, M., Gristina, L., Oliva, D., Ferranti, G., Notarbartolo, G., Alfonzo, A., & Moschetti, G. (2024). Impact of two new non-conventional yeasts, *Candida oleophila* and *Starmerella lactis-condensi*, isolated from sugar-rich substrates, on Frappato wine aroma. *Food Bioscience*, 57, 103500. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103500>

Gao, P., Peng, S., Sam, F. E., Zhu, Y., Liang, L., Li, M., & Wang, J. (2022). Indigenous non-Saccharomyces yeasts with β -glucosidase activity in sequential fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*: A strategy to improve the volatile composition and sensory characteristics of wines. *Frontiers in Microbiology*, 13, 845837. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.845837>

Ge, Q., Li, C., Jiang, W., Yu, Y., Wang, J., Zhang, J., & Yue, T. (2022). Enhancement of the aroma profiles and chemical components of Vidal icewine by mixed fermentation with different non-Saccharomyces strains. *Food Bioscience*, 46, 101152. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101152>

- Han, B., Tang, Y., Xie, Y., Liu, H., Zhou, H., Zheng, X., Zhan, J., Huang, W., & You, Y. (2025). *Starmerella bacillaris* and *Hanseniaspora uvarum* decrease the biogenic amines content and modulate the volatile profiles of red wine in mixed fermentation. *Food Research International*, 210, 116409. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116409>
- Hu, B., Xu, W., Fu, X., Chen, J., Liu, Y., Suo, R., & Wang, J. (2024). Impact of different indigenous yeast combinations on microbial succession and volatile compounds during Marselan wine fermentation. *Food Bioscience*, 62, 105207. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105207>
- Hu, K., Jin, G.-J., Mei, W.-C., Li, T., & Tao, Y.-S. (2018). Increase of medium-chain fatty acid ethyl ester content in mixed *H. uvarum*/*S. cerevisiae* fermentation leads to wine fruity aroma enhancement. *Food Chemistry*, 239, 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.151>
- Hu, K., Jin, G.-J., Xu, Y.-H., & Tao, Y.-S. (2018). Wine aroma response to different participation of selected *Hanseniaspora uvarum* in mixed fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Research International*, 108, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.037>
- Jolly, N., Mehlomakulu, N. N., Nortje, S., Beukes, L., Hoff, J., Booyse, M., & Erten, H. (2022). Non-*Saccharomyces* Yeast for Lowering Wine Alcohol Levels: Partial Aeration versus Standard Conditions. *FEMS Yeast Research*, 22(1), foac002. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foac002>
- Karabegović, I., Malićanin, M., Popović, N., Stamenković Stojanović, S., Lazić, M., Stanojević, J., & Danilović, B. (2022). Native Non-*Saccharomyces* Yeasts as a Tool to Produce Distinctive and Diverse Tamjanika Grape Wines. *Foods*, 11(13), 1935. <https://doi.org/10.3390/foods11131935>
- Lemos Junior, W. J. F., Binati, R. L., Bersani, N., & Torriani, S. (2021). Investigating the glutathione accumulation by non-conventional wine yeasts in optimized growth conditions and multi-starter fermentations. *LWT - Food Science and Technology*, 142, 110990. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110990>
- Lemos Junior, W. J. F., Nadai, C., Rolle, L., Gulão, E. d. S., Leão, M. H. M. d. R., Giacomini, A., Corich, V., & Vincenzi, S. (2020). Influence of the mannoproteins of different strains of *Starmerella bacillaris* used in single and sequential fermentations on foamability, tartaric and protein stabilities of wines. *OENO One*, 54(2), 231–243.
- Lencioni, L., Taccari, M., Ciani, M., & Domizio, P. (2018). *Zygorulasporea florentina* and *Starmerella bacillaris* in multistarter fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* to reduce volatile acidity of high sugar musts. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24(3), 368–372
- Li, L., Yuan, C., Zhang, L., Chu, R., Yu, Q., Cai, J., Yang, T., & Zhang, M. (2024). The impact of simultaneous inoculation with *Torulaspora delbrueckii* and *Hanseniaspora uvarum* combined with *Saccharomyces cerevisiae* on chemical and sensory quality of Sauvignon blanc wines. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1413650. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1413650>
- Mančić, S., Stamenković Stojanović, S., Danilović, B., Djordjević, N., Malićanin, M., Lazić, M., & Karabegović, I. (2022). Oenological characterization of native *Hanseniaspora uvarum* strains. *Fermentation*, 8(3), 92. <https://doi.org/10.3390/fermentation8030092>
- Mestre, M. V., Maturano, Y. P., Gallardo, C., Combina, M., Mercado, L., Toro, M. E., Carrau, F., Vazquez, F., & Dellacassa, E. (2019). Impact on sensory and aromatic profile of low ethanol Malbec wines fermented by sequential culture of *Hanseniaspora uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae* native yeasts. *Fermentation*, 5(3), 65. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030065>
- Morcillo-Parra, M. Á., Martín-Esteban, S., Almellones, J., Mas, A., Beltran, G., & Torija, M. J. (2025). Melatonin–protein interactions are dependent on yeast carbon metabolism. *Scientific Reports*, 15, 8947. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93440-4>

Moreira, L. de P. D., Porcellato, D., Marangon, M., Nadai, C., Duarte, V. da S., Devold, T. G., Giacomini, A., & Corich, V. (2024). Interactions between *Starmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae* during sequential fermentations influence the release of yeast mannoproteins and impact the protein stability of an unstable wine. *Food Chemistry*, 440, 138311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138311>

Nadai, C., Giacomini, A., & Corich, V. (2021). The addition of wine yeast *Starmerella bacillaris* to grape skin surface influences must fermentation and glycerol production. *OENO One*, 55(2), 47–55. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4556>

Oláhné Horváth, B., Nyitrai Sárdy, D., Kellner, N., & Magyar, I. (2020). Comparative evaluation of *Starmerella bacillaris*, *Saccharomyces uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast species under high-sugar fermentative conditions. *Food Technology and Biotechnology*, 58(1), 76–83.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Raymond Eder, M. L., Fariña, L., Carrau, F., & Rosa, A. L. (2025). Grape-specific native microbial communities influence the volatile compound profiles in fermenting grape juices. *Food Chemistry*, 466, 142155. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142155>

Romano, P., Ciani, M., & Fleet, G. H. (2019). Yeasts in the production of wine. In *Yeasts in the Production of Wine*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9782-4>

Rossetti, A. P., Perpetuini, G., Valbonetti, L., Zulli, C., Perla, C., Sidari, R., & Tofalo, R. (2024). Shaping the chromatic characteristics of red wines by using biofilm-detached cells of *Starmerella bacillaris* strains. *Food Bioscience*, 57, 103396. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103396>

Russo, P., Englezos, V., Capozzi, V., Pollon, M., Río Segade, S., Rantsiou, K., Spano, G., & Cocolin, L. (2020). Effect of mixed fermentations with *Starmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae* on management of malolactic fermentation. *Food Research International*, 134, 109246. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109246>

Serafino, G., Di Gianvito, P., Giacosa, S., Škrab, D., Cocolin, L., Englezos, V., & Rantsiou, K. (2023). Survey of the yeast ecology of dehydrated grapes and strain selection for wine fermentation. *Food Research International*, 170, 113005. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113005>

Tofalo, R., Patrignani, F., Lanciotti, R., Perpetuini, G., Schirone, M., Di Gianvito, P., Pizzoni, D., Arfelli, G., & Suzzi, G. (2016). Aroma profile of Montepulciano d'Abruzzo wine fermented by single and co-culture starters of autochthonous *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* yeasts. *Frontiers in Microbiology*, 7, 610. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00610>

Tofalo, R., Perpetuini, G., Rossetti, A. P., Gaggiotti, S., Piva, A., Olivastri, L., Cichelli, A., Compagnone, D., & Arfelli, G. (2022). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* and non-*Saccharomyces* yeasts to improve traditional sparkling wines production. *Food Microbiology*, 108, 104097. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104097>

Tristezza, M., Tufariello, M., Capozzi, V., Spano, G., Mita, G., & Grieco, F. (2016). The oenological potential of *Hanseniaspora uvarum* in simultaneous and sequential co-fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for industrial wine production. *Frontiers in Microbiology*, 7, 670. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00670>

Universidad de Navarra. (s.f.). Cómo definir una pregunta de investigación en revisiones sistemáticas. Bibliogúas Universidad de Navarra. <https://biblioguias.unav.edu/revisionessistematicas/comodefinirpreguntainvestigacion>

Valera, M. J., Olivera, V., Boido, E., Dellacassa, E., & Carrau, F. (2021). Wine aroma characterization of the two main fermentation yeast species of the apiculate genus *Hanseniaspora*. *Fermentation*, 7(3), 162. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030162>

Velenosi, M., Crupi, P., Perniola, R., Marsico, A. D., Salerno, A., Alexandre, H., Archidiacono, N., Ventura, M., & Cardone, M. F. (2021). Color Stabilization of Apulian Red Wines through the Sequential Inoculation of *Starmerella bacillaris* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Molecules*, 26(4), 907. <https://doi.org/10.3390/molecules26040907>

Voce, S., Tat, L., Bortolini, A., Colautti, A., & Comuzzo, P. (2024). Use of high hydrostatic pressure and non-*Saccharomyces* yeasts for improving aging on lees of white wine. *Food Bioscience*, 60, 104335. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104335>

Wang, J., Wang, Z., Gao, H., Bai, X., Li, L., Wei, R., & Dong, Z. (2024). Metabolomics and flavor diversity in Cabernet Sauvignon wines fermented by various origins of *Hanseniaspora uvarum* in the presence and absence of *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT - Food Science and Technology*, 203, 116396. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116396>

Whitener, M. E., Carlin, S., Stanstrup, J., Divol, B., Du Toit, M., & Vrhovsek, U. (2017). Effect of non-*Saccharomyces* yeasts on the volatile chemical profile of Shiraz wines during sequential fermentation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(2), 179–192.

Yang, H., Wei, Y., Feng, W., Zhang, H., Jiang, J., & Qin, Y. (2025). Screening of Indigenous *Hanseniaspora* Strains from China for Ethanol Reduction in Wine. *Foods*, 14(7), 1113. <https://doi.org/10.3390/foods14071113>

Zhao, L.-Z., Chen, J., Wei, X.-Y., Lin, B., Zheng, F.-J., Verma, K. K., & Chen, G.-L. (2025). Response of alcohol fermentation strains, mixed fermentation and extremozymes interactions on wine flavor. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1532539. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1532539>