

Influencia de tres diferentes cepas de levaduras en el perfil microbiológico y fisicoquímico en la obtención de un licor de sandía (*Citrullus lanatus*).

Influence of three different strains of yeasts on the microbiological and physicochemical profile in the production of a watermelon liqueur (*Citrullus lanatus*).

***¹León Linares William Hernando, ¹Gómez Camacho Luissa Fernanda, Ospina
¹Ladino María Cristina.**

¹Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Escuela de Ingenierías en Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroindustrial.

✉ Correo electrónico: whleon@unillanos.edu.co¹,  <https://orcid.org/0009-0004-9374-3256>
✉ Correo electrónico: lgomez@unillanos.edu.co²,  <https://orcid.org/0009-0002-6127-2512>
✉ Correo electrónico: mcospina@unillanos.edu.co³,  <https://orcid.org/0000-0003-1794-3593>

Recibido: noviembre 26 de 2024; Aceptado: mayo 30 de 2025; Publicado: junio 28 de 2025

RESUMEN

Esta investigación presenta el comportamiento de tres cepas de levadura diferentes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* y *Saccharomyces cerevisiae* x *Saccharomyces bayanus*) durante el proceso de fermentación utilizado para producir licor de sandía. De acuerdo con la evaluación de aspectos como la velocidad de fermentación, la cantidad de alcohol que producen y la calidad del producto final obtenido, se determinó cuál de las tres cepas fue la más eficiente. Se realizaron tres fermentaciones utilizando en cada una un tipo de levadura, en condiciones controladas de temperatura y pH. Se realizaron pruebas microbiológicas y fisicoquímicas para

Autor correspondencia: León Linares
William Hernando¹. ✉ Correo
electrónico: whleon@unillanos.edu.co¹



determinar la estabilidad del licor de sandía. De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que la levadura *sacharomyces cerevisiae x bayanus*, presentó resultados de pH con un valor de 4,3 en el día 1 y 4,34 en el día 7; 17,0 Grados Brix en el día 1 y 17,1 en el día 7; las pruebas microbiológicas no presentaron microorganismos patógenos o diferentes a las levaduras y respecto a curva de fermentación el día 1 presento 84'000.000 de esporos y el día 7 38'000.000 de esporos. De acuerdo con los resultados anteriores esta levadura fue la más eficiente, en términos de estabilidad del producto final y la calidad del proceso de producción.

Palabras clave: fermentación, levadura, licor, sandía.

ABSTRACT

This research presents the behaviour of three different yeast strains (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces cerevisiae x Saccharomyces bayanus*) during the fermentation process used to produce watermelon liquor. Based on the evaluation of aspects such as fermentation speed, the amount of alcohol produced and the quality of the final product obtained, it was determined which of the three strains was the most efficient. Three fermentations were carried out using one type of yeast in each one, under controlled conditions of temperature and pH. Microbiological and physicochemical tests were carried out to determine the stability of the watermelon liquor. According to the results obtained, it was determined that the yeast *sacharomyces cerevisiae x bayanus*, presented pH results with a value of 4.3 on day 1 and 4.34 on day 7; 17.0 Brix degrees on day 1 and 17.1 on day 7; the microbiological tests

did not present pathogenic microorganisms or different from the yeasts and with respect to the fermentation curve, day 1 presented 84'000.000 spores and day 7 38'000.000 spores. According to the previous results, this yeast was the most efficient, in terms of stability of the final product and quality of the production process.

Keywords: fermentation, liquor, watermelon, yeast.

INTRODUCCIÓN

La fermentación alcohólica es un proceso bioquímico anaeróbico en el que microorganismos, principalmente levaduras, catabolizan azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, etc.) para obtener energía, produciendo como productos finales etanol (alcohol etílico) y dióxido de carbono. Este proceso se lleva a cabo en ausencia de oxígeno molecular y es esencial en la producción de una amplia gama de alimentos y bebidas. Entre las cepas de levadura más utilizadas en este proceso, destacan *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae bayanus*. (Pinillas, et al., 2014; Troya Guerrero y Pino Meléndez, 2023).

Esta investigación se centra en la evaluación de la eficiencia de *Saccharomyces cerevisiae bayanus* y una mezcla de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae bayanus* en comparación con la cepa estándar de

Saccharomyces cerevisiae en el proceso de fermentación de licores de fruta (Rodríguez Cepeda y Álvarez Suarez, 2021).

El estudio realizará un análisis detallado de las características de cada cepa de levadura empleada, evaluando su influencia específica en el proceso de fermentación y en las propiedades finales del licor de sandía. Considerando su tolerancia al alcohol, su capacidad para fermentar diferentes tipos de azúcares y su influencia en el perfil aromático de los licores de fruta. (Fernández-Pérez, et al., 2013). Además, se explorará si *Saccharomyces cerevisiae bayanus* y la mezcla de levaduras ofrecen ventajas significativas en términos de rendimiento y calidad del producto final, en comparación con la cepa estándar de *Saccharomyces cerevisiae*.

La investigación también abordará factores ambientales y condiciones de fermentación, como la temperatura y el pH, que pueden

influir en los resultados. La interacción de estas variables con las cepas de levadura juega un papel importante en el proceso ya que puede tener un impacto significativo en el rendimiento y la calidad de los licores de fruta (Vera Romero et al., 2022; Bonilla R. M. et al., 2029).

El objetivo del estudio es evaluar el impacto de cada cepa de levadura en la

fermentación, analizando parámetro como la tasa de conversión de azúcares a etanol, la generación de compuestos aromáticos y su contribución a la estabilidad microbiológica, acidez y perfil sensorial del licor de sandía. Esto permitirá establecer la relación entre la cepa utilizada y la calidad integral del producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se llevará a cabo siguiendo los lineamientos de una investigación experimental, organizada en dos etapas que replican diversas condiciones para observar su efecto en el proceso y determinar la capacidad fermentativa de tres cepas de levadura. La metodología sigue las indicaciones de Aranda y García (2019).

Primera Etapa: Curvas de fermentación

Preparación del mosto: Se seleccionarán sandías de baja calidad comercial (llamadas “Riche”), las cuales se lavarán y desinfectarán con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Luego, se retirará la cáscara, se cortará en trozos pequeños y se eliminarán las semillas. La pulpa se licuará sin agregar agua, y se medirá el °Brix utilizando un refractómetro, ajustándolo a 22 °Brix mediante la adición

de azúcar. Posteriormente, se añadirá la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* y *Saccharomyces cerevisiae* x *Saccharomyces bayanus*) correspondiente.

Proceso de fermentación: el mosto se dividirá en tres partes iguales, y cada una será fermentada con una cepa diferente. Este proceso se llevará a cabo en recipientes de plástico esterilizados, llenos al 80% de su capacidad y mantenidos en un lugar oscuro a 28 °C por 12 días.

Curvas de fermentación: Cada 24 horas se extraerá una muestra de 1 ml del mosto fermentado, la cual se diluirá en solución salina al 0.9% y se cargará en la cámara de conteo Improved Neubauer (BOECO Germany) para determinar la concentración de células de levadura en 10 cuadrados de

la cámara. Además, se obtendrán datos de °Brix y tiempo para calcular los siguientes parámetros:

- **Velocidad de fermentación:** Como la pendiente de la curva en su fase exponencial, utilizando la fórmula: **Ec. (1).** *uación 1. Velocidad de fermentación.*

$$r = \mu_{max} * S / (Ks + S)$$

r es la velocidad de fermentación (mol/L h)

μ_{max} es la velocidad máxima de crecimiento específica (h^{-1})

S es la concentración de sustrato (mol/L)

Ks es la constante de semiafinidad (mol/L)

- **Tiempo de fermentación:** El tiempo requerido para que el °Brix descienda a 0.
- **Eficiencia de fermentación:** La relación entre la cantidad de azúcar consumida y el alcohol (etanol) producido, expresada como: **Ec. (2).** *Eficiencia de fermentación*

$$= \frac{\text{Moles de etanol producidos}}{\text{Moles de azúcar consumidos}} \times 100\%$$

Segunda Etapa: Pruebas Fisicoquímicas y Microbiológicas

Colorimetría: Usando un espectrofotómetro UNICO, se medirá la concentración de licopeno mediante la absorbancia a 472 nm. Se prepararán dos soluciones: una de licor

diluido en agua destilada (1:10) y un blanco con agua destilada. La ecuación de concentración de licopeno es:

$$\text{Ec. (3.) Concentración de licopeno} = \frac{A * V}{\epsilon * l}$$

Donde:

A: Absorbancia de la solución de licor de sandía diluido

V: Volumen de la solución diluida (en este caso, 10 mL)

ϵ : Coeficiente de extinción molar del licopeno (aproximadamente 100,000 L/(mol·cm))

l: Longitud del camino óptico de la cubeta (en este caso, 1 cm)

pH: Se medirá el pH usando un potenciómetro HANNA, sumergiendo el electrodo en una muestra de 10 ml de licor durante 6 segundos. La lectura se realizará por triplicado para cada levadura.

Grados Brix: Medidos con un refractómetro MILWAUKEE, se coloca una gota del licor en el prisma para la lectura, y se realiza por triplicado.

Turbidez: Se medirá a 660 nm con un espectrofotómetro UNICO, utilizando una solución diluida de licor en agua destilada (1:10). La ecuación para la turbidez (NTU) es: **Ec (4).** *Turbidez.*

$$\text{Turbidez (NTU)} = \frac{A * 100}{1 * 0,005}$$

Donde:

A: Absorbancia de la solución de licor de sandía diluido

l: Longitud del camino óptico de la cubeta (en este caso, 1 cm)

0.005: Constante de dispersión para agua a 660 nm.

Acidez Titulable: Con 10 ml de licor, se añadirán gotas de fenolftaleína y se titulará con NaOH 0.1 N. La acidez titulable se calcula como: **Ec. (5). Acidez Titulable.**

$$\begin{aligned} \text{Acidez titulable (g/L)} \\ &= (V \text{ NaOH} * N \text{ NaOH} \\ &\quad * 0.075) / 10 \end{aligned}$$

Donde:

V NaOH = Volumen de solución de NaOH utilizado (mL)

N NaOH = Normalidad de la solución de NaOH (N)

Pruebas Microbiológicas

Siembra en Agar Nutritivo: se diluyo 1 ml de licor en 10 ml de agua destilada, realizando siembras en dilución decimal (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) en agar nutritivo, incubando a 37 °C durante 24-48 horas y registrando el crecimiento bacteriano.

Siembra en Agar Sabouraud Dextrosa: Usando el mismo procedimiento, pero incubando a 25 °C durante 5-7 días, se observará el crecimiento de hongos y su morfología.

Detección de Coliformes: Se inoculará una alícuota de 1 ml en caldo enriquecido de Manitol Salt Agar, incubando a 37 °C durante 24-48 horas para observar turbidez o gas, indicativos de coliformes.

Análisis Microscópico: Se teñirá un frotis del licor con Gram para identificar bacterias Gram positivas y negativas, observando la morfología bacteriana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMERA ETAPA:

Curva de fermentación: Esta fue elaborada mediante conteo en cámara de Neubauer y haciendo uso de la siguiente ecuación: **(Ec. 6). Numero de esporos.**

$$N^{\circ} \text{ médio de esporos em } c' \times 4,0 \times 10^6 = \text{esporos/ml}$$

Tratamiento 1. En el tratamiento 1, se observa un aumento sostenido en la cantidad de esporos hasta el día 4, alcanzando un pico de 20 millones de esporos/mL. A partir de ese momento, los niveles de esporos disminuyen gradualmente, llegando a 8 millones de

esporos/mL en el día 7. (*Imagen del 1 a 7*). este comportamiento sugiere que la fermentación alcanzó su máxima actividad alrededor del sexto día, seguida por una disminución en la viabilidad o cantidad de microorganismos activos, un fenómeno

común en la fermentación alcohólica, donde las levaduras agotan los azúcares disponibles y entran en una fase estacionaria y de declive (Fugelsang & Edwards, 2007).

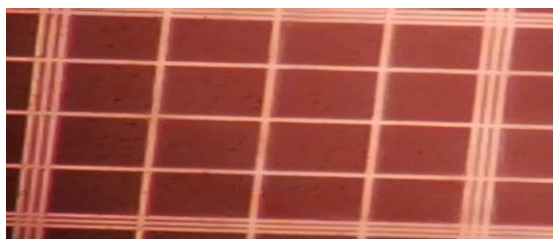


Imagen 1: conteo en cámara del día 1

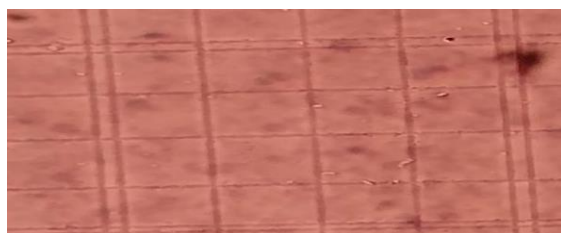


Imagen 2: conteo en cámara del día 2



Imagen 3: conteo en cámara del día 3



Imagen 7: conteo en cámara del día 7



Imagen 4: conteo en cámara del día 4

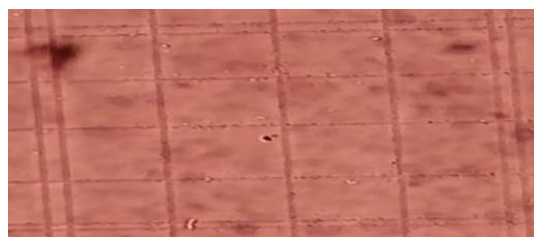


Imagen 5: conteo en cámara del día 5

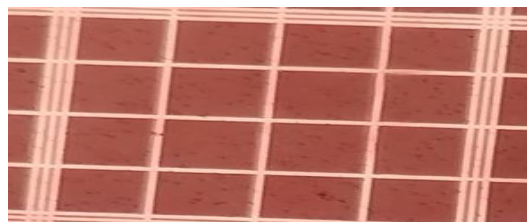


Imagen 6: conteo en cámara del día 6

Tratamiento 2: el crecimiento de esporos ocurre de manera más acelerada, alcanzando un máximo de 52 millones de esporos/mL en el día 4 y luego disminuyendo a 8 millones de esporos/mL para el día 7. (*imagen 8 a 14*) La mayor concentración de esporos en comparación con el tratamiento 1 indica una actividad

fermentativa superior, probablemente vinculada a una mayor eficiencia de la levadura en este tratamiento. Como señalan Aranda y García (2019), factores fisicoquímicos como el pH y la concentración de azúcares influyen directamente en la eficiencia fermentativa y el perfil microbiológico.



Imagen 8: conteo en cámara del día 1

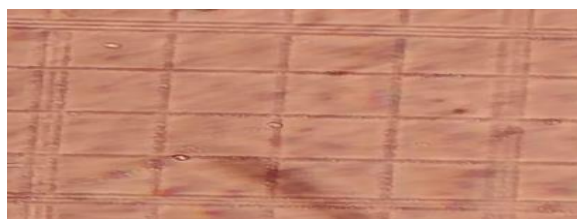


Imagen 9: conteo en cámara del día 2



Imagen 10: conteo en cámara del día 3



Imagen 11: conteo en cámara del día 4



Imagen 12: conteo en cámara del día 5

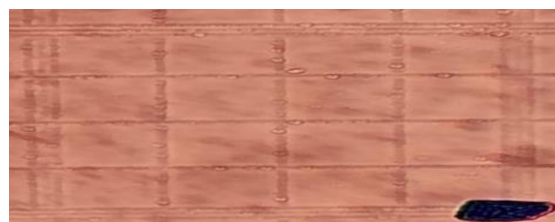


Imagen 13: conteo en cámara del día 6



Imagen 14: conteo en cámara del día 7

Tratamiento 3

El tratamiento 3 mostró un comportamiento más marcado, con un incremento explosivo hasta el día 4, donde se alcanzan 84 millones de esporos/mL, seguido de una reducción constante hasta el día 7, cuando la cantidad de esporos disminuye a 32 millones de esporos/mL. (*imagen 15 a 21*)

La elevada cantidad de esporos hasta el día 7 indica una fermentación rápida, asociada a una tasa de consumo de sustratos mayor. Este comportamiento es característico de cepas de levadura altamente activas o adaptadas al sustrato (Parapouli et al., 2020).

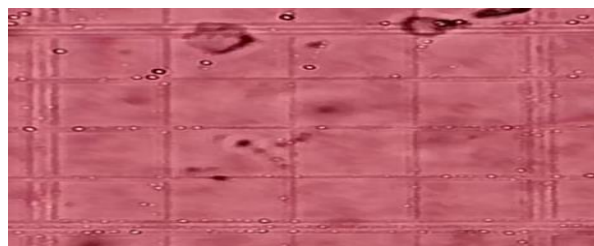


Imagen 15: conteo en cámara del día 1

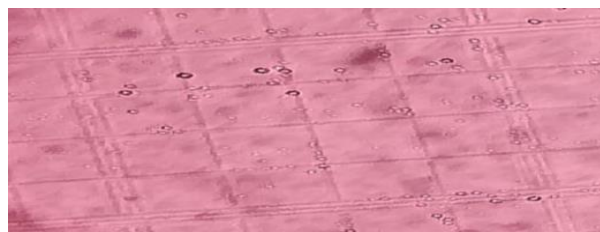


Imagen 16: conteo en cámara del día 2



Imagen 17: conteo en cámara del día 3



Imagen 19: conteo en cámara del día 5

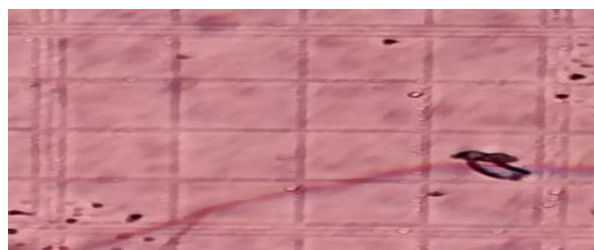


Imagen 20: conteo en cámara del día 6

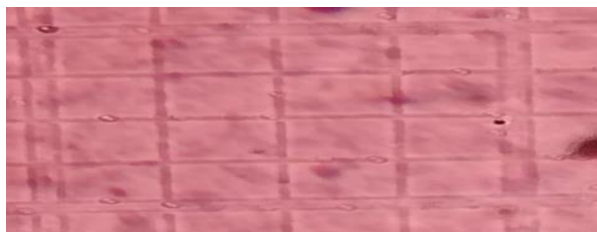


Imagen 21: conteo en cámara del día 7

Imagen 18: conteo en cámara del día 4

Curvas de Fermentación

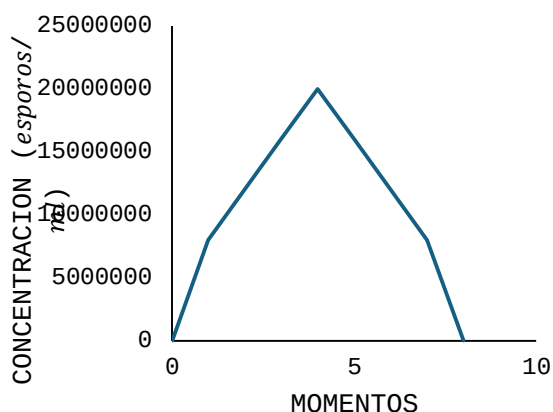
En general, las curvas de fermentación de los tres tratamientos (grafica 1, 2 y 3) presentan un patrón sigmoidal típico de los procesos fermentativos, compuesto por:

- **Fase de adaptación (Lag phase):** En los primeros días, se observa una baja concentración de esporos mientras las levaduras se adaptan al medio.

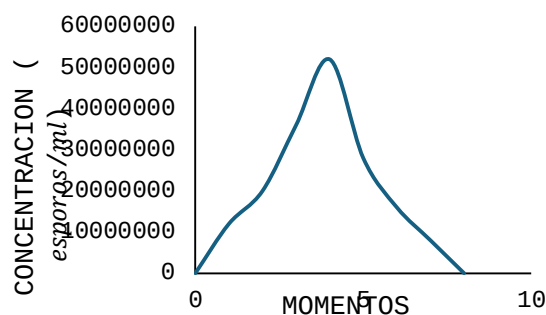
- **Fase exponencial:** Entre el día 1 y el día 4, ocurre un rápido aumento en el número

de esporos, indicando una fermentación activa con alto consumo de azúcares y producción de metabolitos (alcohol, dióxido de carbono).

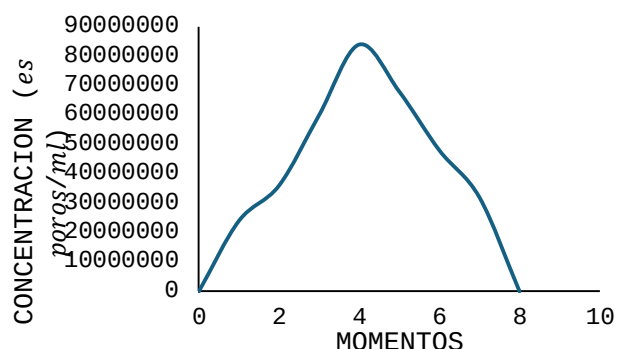
- **Fase estacionaria y de declive:** A partir del día 4, se reduce la cantidad de esporos en los tres tratamientos, reflejando condiciones poco óptimas para la reproducción de levaduras debido a la baja disponibilidad de azúcares y acumulación de etanol (Fleet, 2003).



Grafica 1. Curva de fermentación T1.



Grafica 2. Curva de fermentación T2



Grafica 3. Curva de fermentación T3.

La variabilidad en la velocidad y el tiempo en que se alcanza el pico de esporos entre tratamientos destaca la influencia de las diferentes cepas de levadura empleadas, su capacidad de adaptación y su eficiencia fermentativa. Este análisis es fundamental para seleccionar las cepas que aportan las características deseadas en el licor, tanto a nivel microbiológico como en el perfil sensorial del producto final.

Segunda etapa: Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas

Pruebas fisicoquímicas

Colorimetría

Los resultados obtenidos del espectrofotómetro (absorbancia) fueron aplicados en la siguiente ecuación para así conocer la colorimetría final:

Ecuación 7. Concentración de licopeno.

$$\left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{A * V}{\epsilon * 1}$$

Esto indica que los datos son consistentes y adecuados para realizar análisis estadísticos confiables. La reducción en la absorbancia podría relacionarse con variaciones en la concentración de pigmentos a lo largo del proceso fermentativo, debido a la actividad de la levadura que metaboliza ciertos componentes, impactando así el color del licor. Como indican Aranda y García (2019), las alteraciones en el color de un licor fermentado pueden atribuirse a la degradación de compuestos fenólicos y antocianinas, influenciados por el pH y el nivel de etanol. Este comportamiento es compatible con lo establecido en la NTC 3853, que sugiere que el color de un fermentado debe mantenerse estable en los primeros días, pero puede variar a medida que avanza la fermentación y los compuestos experimentan oxidación.

La tabla de estadísticas descriptivas de colorimetría presenta un resumen de las principales características de la concentración de licopeno en un licor de sandía a lo largo de 7 días (*tabla 1*). Estos parámetros incluyen la mediana, el rango intercuartílico (IQR), la media y la desviación estándar.

La concentración de licopeno en el licor de sandía se divide en dos grupos; el 50% de las muestras tienen concentraciones menores a 0,0000555, mientras que el otro 50% presenta concentraciones superiores.

Tabla 1. Mediana de Mood: colorimetria en función de Días.

Días	Media	IQR
1	0,0000634	60,0000228
2	0,0000633	60,0000210
3	0,0000615	60,0000211
4	0,0000613	60,0000215
5	0,0000599	60,0000236
6	0,0000377	10,0000337
7	0,0000372	00,0000318
Media General		0,0000555

- **IQR:** El rango intercuartílico de la concentración de licopeno es de 0,0000228.

- **Media:** El promedio de concentración de licopeno es de 0,00005090.

- **Desviación estándar:** La desviación estándar es de 0,00001411, lo que indica que la mayoría de los valores se sitúan entre 0,00003679 y 0,00006499 en torno a la media.

A partir de esta tabla (*tabla 1*), se puede interpretar lo siguiente:

- La similitud entre la media y la mediana sugiere que la distribución de los datos es simétrica.

- El valor reducido del IQR indica que las concentraciones de licopeno están relativamente cercanas a la mediana.

- La pequeña desviación estándar implica que los datos se encuentran bastante próximos a la media.

pH

La Tabla de la prueba Kruskal Wallis de pH (*tabla 2*) muestra que los valores de pH oscilan entre 4,19 y 4,73 en los tres grupos, con una mediana de 4,32, lo que indica que la mayoría de las mediciones de pH se sitúan en el rango de 4,22 a 4,42. No se observan diferencias significativas en la mediana del pH entre los grupos, y la prueba de Kruskal-Wallis no muestra significancia estadística ($p = 0,779$).

Tabla 2. Kruskal Wallis de pH.

Tratamiento	Días	Media
T1	1	4,23±0,01
T2		4,73±0,01
T3		4,31±0,01
T1	2	4,31±0,01
T2		4,71±0,01
T3		4,42±0,02
T1	3	4,33±0,01
T2		4,7±0,02
T3		4,4±0,02
T1	4	4,28±0,01
T2		4,68±0,01
T3		4,39±0,02
T1	5	4,2±0,01
T2		4,64±0,01

T3		4,31±0,01
T1		4,25±0,03
T2	6	4,68±0,01
T3		4,33±0,01
T1		4,19±0,01
T2	7	4,67±0,03
T3		4,35±0,01

La desviación estándar es baja en todos los grupos, lo cual sugiere que los valores de pH están cercanos a la mediana en cada caso. No hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de igualdad de medianas entre los tres grupos, lo que indica que no existen diferencias significativas en el pH entre ellos.

La estabilidad del pH sugiere que no se produce una cantidad excesiva de ácidos durante la fermentación, lo cual es favorable para la estabilidad microbiológica (Aranda y García, 2019). En fermentaciones alcohólicas, el pH influye tanto en el sabor como en la conservación del producto final, y una leve disminución, como la observada, es común en productos fermentados por la generación de ácidos orgánicos debido a la actividad de las levaduras (Rodríguez et al., 2017). La NTC 3853 recomienda mantener el pH en un rango que asegure la estabilidad microbiológica y sensorial del producto.

Grados Brix

La grafica de probabilidad de grados Brix (*grafica 6*) muestra que la distribución de los grados Brix es aproximadamente normal, a curva de normalidad se ajusta bien al histograma, además la mayoría de los grados Brix se encuentran dentro del rango de 15 a 20 y hay algunos valores atípicos, uno por debajo de 10 y otro por encima de 25.

La prueba de Kruskal-Wallis (*tabla 3*) nos muestra que los grados Brix varían entre 10,60 y 17,70 a lo largo de los 7 días y 3 tratamientos.

La mediana de los grados Brix es de 15,50, lo que indica que la mayoría de las mediciones de grados Brix se encuentran dentro del rango de 11,10 a 15,60.

No hay diferencias significativas en la mediana de los grados Brix entre los diferentes tratamientos. La prueba de Kruskal-Wallis no es estadísticamente significativa para el tratamiento ($p = 0,233$).

Hay diferencias significativas en la mediana de los grados Brix entre los diferentes días. La prueba de Kruskal-Wallis es estadísticamente significativa para los días ($p < 0,0001$).

Tabla 3. Kruskal Wallis de grados Brix.

Tratamiento	Días	Media
T1	1	14,9
T2		11,13±0,06
T3		17,10±0,17
T1	2	15,17±0,06
T2		11,00±0,10
T3		17,63±0,15
T1	3	15,57±0,15
T2		10,9±0,00
T3		17,67±0,15
T1	4	15,5±0,10
T2		10,63±0,15
T3		17,6±0,17
T1	5	14,7±0,17
T2		10,63±0,15
T3		17,60±0,17
T1	6	14,43±0,21
T2		10,73±0,12
T3		17,27±0,15
T1	7	12,97±0,21
T2		10,20±0,26
T3		17,07±0,06

Los valores de la desviación estándar son relativamente pequeños para todos los grupos. Esto indica que los datos de grados Brix dentro de cada grupo están relativamente cerca de la mediana.

No hay diferencias significativas en los grados Brix entre los tres tratamientos y sí hay diferencias significativas en los grados Brix entre los siete días.

Los grados Brix, que miden el contenido de azúcar, tienden a disminuir en fermentaciones alcohólicas a medida que las levaduras consumen los azúcares

disponibles para producir alcohol (González et al., 2019). El aumento en T3 el día 7 podría deberse a una medición incorrecta o a la presencia de sólidos en suspensión que afectaron la lectura, dado que es poco común un incremento tan drástico. Según la NTC 3853, los grados Brix deben disminuir progresivamente hasta que se estabilice al final de la fermentación.

Turbidez

Los resultados obtenidos del espectrofotómetro a 660nm (absorbancia) fueron aplicados en la siguiente ecuación para así conocer la turbidez final:

Ecuación 8. Turbidez.

$$Turbidez (NTU) = \frac{A * 100}{1 * 0,005}$$

La grafica de probabilidad de turbidez (*grafica 7*) muestra la distribución de la turbidez la cual es aproximadamente normal. La curva de normalidad se ajusta bien al histograma.

La mayoría de los valores de turbidez se encuentran dentro del rango de 5000 a 10000.

Hay algunos valores atípicos, uno por debajo de 2500 y otro por encima de 12500.

- Los valores de turbidez varían entre 0,0000228 y 0,0000689 a lo largo de los días.
- La mediana de la turbidez es de 0,0000450, lo que indica que la mayoría de las mediciones de turbidez se encuentran dentro del rango de 0,0000321 y 0,0000579.
- No hay diferencias significativas en la mediana de la turbidez entre los diferentes días. La prueba de mediana de Mood no es estadísticamente significativa ($p = 0,507$).
- Los valores del rango intercuartílico y del intervalo de confianza del 95% son relativamente pequeños para todos los grupos. Esto indica que los datos de turbidez dentro de cada grupo están relativamente cerca de la mediana.
- No hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las medianas de población de los tres días son iguales. En otras palabras, no hay diferencias significativas en la turbidez entre los tres días.

Tabla 4. Mediana de mood; turbidez en función de Días.

Días	Media	IQR
1	0,0000634	60,0000228
2	0,0000633	60,0000210
3	0,0000615	60,0000211

4	0,0000613	60,0000215
5	0,0000599	60,0000236
6	0,0000377	10,0000337
7	0,0000372	00,0000318
Media General		0,0000555

La disminución de la turbidez es esperada en fermentaciones alcohólicas, ya que las partículas en suspensión (levaduras y otros sólidos) tienden a sedimentarse con el tiempo (Martínez et al., 2018). Este parámetro es crucial para determinar la claridad y estabilidad del producto final. La NTC 3853 establece que una turbidez baja es deseable en productos fermentados para asegurar su aceptación sensorial.

Acidez titulable

Los resultados obtenidos referentes al NaOH gastado fueron aplicados en la siguiente ecuación para así conocer la acidez titulable:

Ecuación 9. Acidez titulable.

$$\text{Acidez titulable (g/L)} = (V \text{ NaOH} * N \text{ NaOH} * 0.075) / 10$$

La grafica de probabilidad de acidez titulable (grafica 8) muestra que:

- La distribución de la acidez titulable es aproximadamente normal. La curva de normalidad se ajusta bien al histograma.

- La mayoría de los valores de acidez titulable se encuentran dentro del rango de 0,005 a 0,015.
- Hay algunos valores atípicos, uno por debajo de 0,002 y otro por encima de 0,020.
- Los valores de turbidez varían entre 0,0000321 y 0,0000689 a lo largo de los 7 días.
- La media de la turbidez es de 0,0000497, lo que indica que la mayoría de las mediciones de turbidez se encuentran dentro del rango de 0,0000438 y 0,0000556.
- No hay diferencias significativas en la media de la turbidez entre los diferentes días.
- La prueba de ANOVA no es estadísticamente significativa ($p = 0,121$).
- Los valores de la desviación estándar, el percentil 25, la mediana, el percentil 75 y el valor máximo son relativamente pequeños para todos los días. Esto indica que los datos de turbidez dentro de cada día están relativamente cerca de la media.
- No hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las medias de población de los siete días son iguales. Lo que quiere decir que no hay diferencias

significativas en la turbidez entre los siete días.

Tabla 5. Prueba de la mediana de Mood: acidez titulable en función de tratamiento.

Tratamiento	Mediana	Clasificación media	Z
1	0,012150	10	-0,52
2	0,012450	9,9	-0,60
3	0,011625	13,1	1,12
General		11	

La acidez titulable refleja la cantidad de ácidos presentes en el licor, que pueden influir tanto en el sabor como en la estabilidad del producto (Camacho, 2014). Una disminución de la acidez titulable puede ser resultado del consumo de algunos ácidos por parte de las levaduras o la formación de otros compuestos no ácidos durante la fermentación (González et al., 2019). Según la NTC 3853, es importante que la acidez no exceda ciertos valores para garantizar que el producto final no sea percibido como demasiado ácido.

Segunda etapa: Pruebas microbiológicas

Las imágenes (22 y 23) reflejan la prueba PDA para los 3 tratamientos en primer y segundo momento.

PDA (primer momento)

El crecimiento exponencial inicial de levaduras es típico en la fase logarítmica de la fermentación, donde las células se multiplican rápidamente utilizando los azúcares disponibles (González et al., 2019).

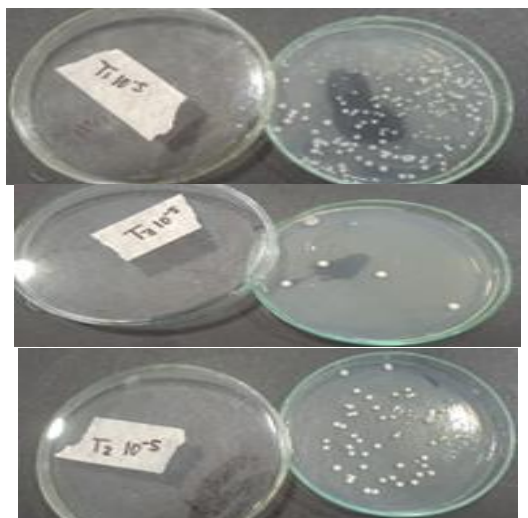


Imagen 22. PDA (primer momento) tratamiento 1, 2 y 3.

PDA (segundo momento)

La disminución de la actividad y el conteo más estable en el segundo momento sugiere una transición hacia una fase estacionaria de la fermentación (Jiménez y Gómez, 2021). La ausencia de mohos refuerza la eficacia de las condiciones de fermentación, lo que puede estar vinculado a factores como un pH adecuado y buenas prácticas de manufactura (NTC 3853, 2020).

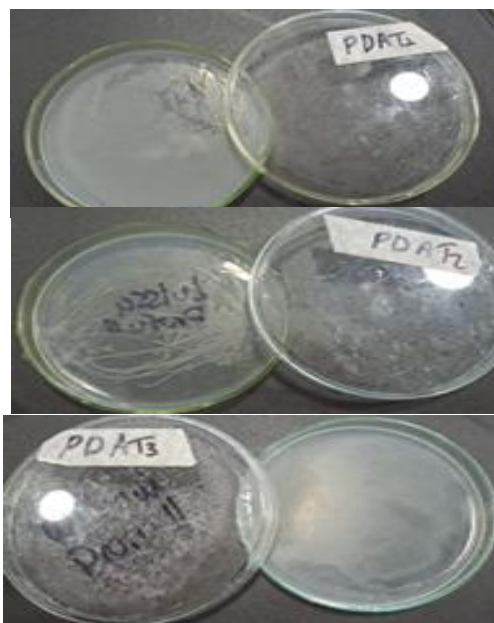


Imagen 23. PDA (segundo momento) tratamiento 1, 2 y 3.

Las imágenes (24 y 25) reflejan la prueba PCA para los 3 tratamientos en primer y segundo momento.

PCA (primer momento)

La presencia inicial de aerobios mesófilos puede indicar una posible contaminación, sin embargo, en fermentaciones alcohólicas es común que el crecimiento bacteriano disminuya debido al aumento del etanol, que actúa como inhibidor natural de microorganismos indeseables (Martínez et al., 2018).

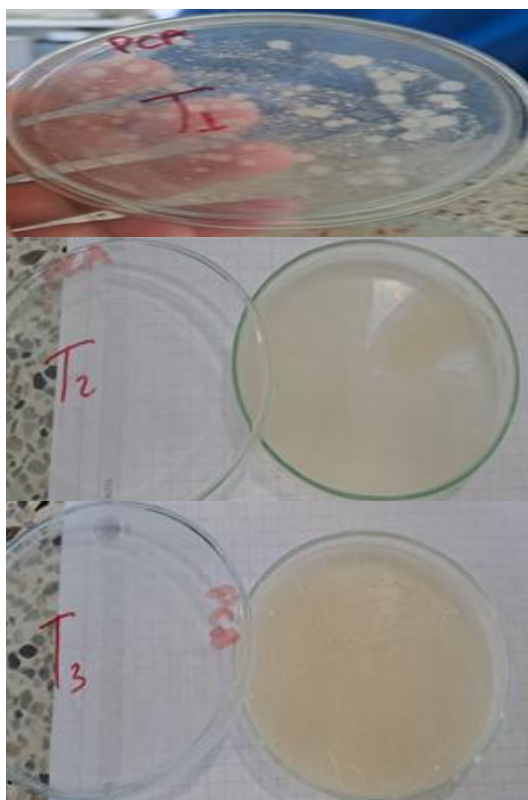


Imagen 24. PCA primer momento en los tratamientos 1, 2 y 3

PCA (segundo momento)

La NTC 3853 también especifica que los valores de aerobios mesófilos deben disminuir considerablemente en un producto fermentado correctamente (NTC 3853, 2020). La ausencia en el segundo momento puede estar relacionada con el efecto antimicrobiano del etanol (Rodríguez y Fernández, 2017).

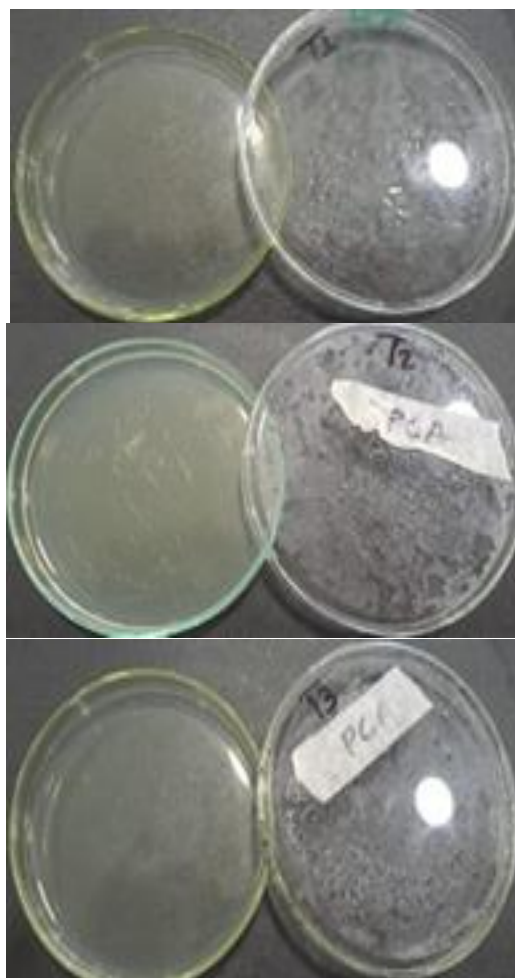


Imagen 25. PCA segundo momento en los tratamientos 1, 2 y 3.

Las imágenes (26 y 27) reflejan la prueba EMB para los 3 tratamientos en primer y segundo momento.

EMB (primer momento)

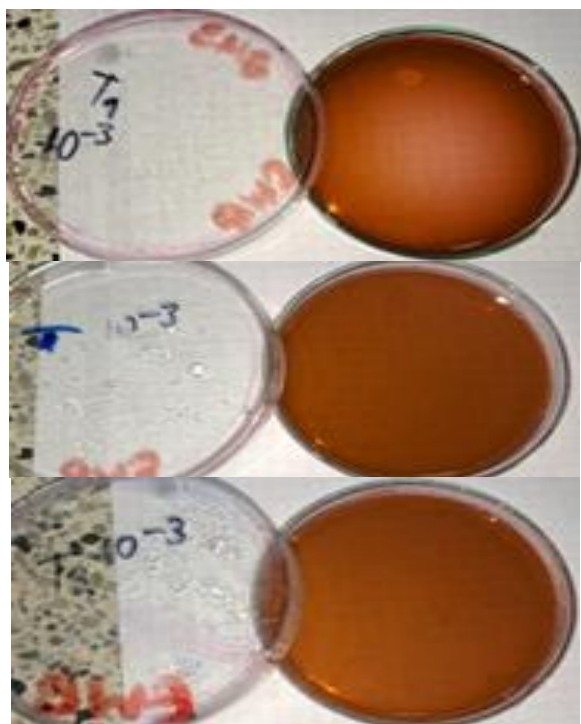


Imagen 26. EMB primer momento en los tratamientos 1, 2 y 3.

La ausencia de coliformes totales y fecales sugiere una alta calidad higiénica en el proceso de elaboración del licor, lo que coincide con las recomendaciones de la NTC 3853, donde se destaca la importancia de la aplicación de buenas prácticas de manufactura para evitar la presencia de estos microorganismos (NTC 3853, 2020). Además, el efecto antimicrobiano del etanol es bien conocido por su capacidad para inhibir el crecimiento de bacterias como los coliformes (Fernández et al., 2020).

CONCLUSIONES

EMB (segundo momento)

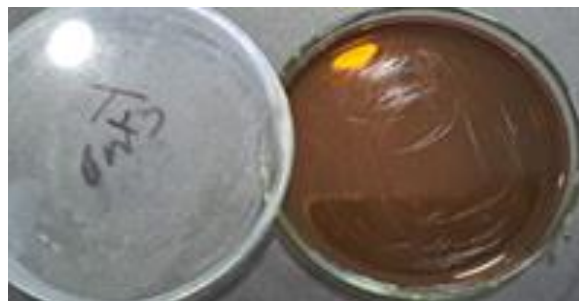


Imagen 27. EMB segundo momento en los tratamientos 1, 2 y 3.

Los análisis microbiológicos no detectaron la presencia de microorganismos patógenos ni indicadores de deterioro en el licor en ninguno de los tratamientos.

Las curvas de fermentación mostraron que los tratamientos 2 y 3, con concentraciones máximas de 260 millones y 396 millones de esporos/mL en el día 6, fueron más eficientes que el tratamiento 1. Esto refleja la importancia de la cepa de levadura en la optimización del proceso, cumpliendo con el objetivo de evaluar la eficiencia fermentativa.

El tratamiento 3 presentó mejores resultados en parámetros como pH, grados Brix y acidez, mientras que el tratamiento 1 mostró estabilidad al final del proceso. Esto cumple con el objetivo de caracterizar el licor según la NTC 708/2000.

Podemos concluir que el estudio demostró que es posible elaborar un licor de sandía de alta calidad. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para el desarrollo de nuevos productos y la mejora de la calidad del licor de sandía.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Arevalo-Villena, M., Kandyli, P., and Nisiotou, A. (2022). Editorial: Wine Microbiology: Current Trends and Approaches. *Frontiers in Microbiology*, 13, 873980. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.873980>.

Bonilla R., María J. y Vera R., José M. (2019). Características fisicoquímicas y colorimétricas de licores de cacao obtenidos de los clones TCS 06, FEAR 5 Y FSV 41. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-7125. Vol.17 N 1. Pp:40-59. <https://doi.org/10.24054/limentech.v17i1.333>.

Comitini, F., Agarbatí, A., Canonico, L., & Ciani, M. (2021). Yeast interactions and molecular mechanisms in wine fermentation: A comprehensive review. *International Journal of Molecular Sciences*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms22147754>

Fernández-Pérez, R., González-Lázaro, M., Reda, M., Tenorio, C., & Ruiz-Larrea, F. (2018). Resistencia al etanol de bacterias lácticas enológicas; formación de biofilm y acción antimicrobiana de la nisina. XII Congreso de los Grupos de Investigación Enológica (GIENOL 2013). Nuevas perspectivas en investigación vitivinícola,

celebrado en Madrid del 18 al 21 de junio de 2013.

Fuentes, L. F. Q., Pinilla, M. G., & Mendoza, L. J. (2014). Estandarización de la fase de fermentación “fase I” en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura “*Saccharomyces cerevisiae*”. *Publicaciones e Investigación*, 8, 139-149.

Lemus Martínez, S. (2020). Optimización de un proceso de fermentación artesanal para elaboración de vinagre y estudio del inoculo empleado (Madre del vinagre). Trabajo de grado Lic. en Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Puebla. México.

Mas, A., Beltran, G., & Torija, M. J. (2020). Microbiological control of alcoholic fermentation. *Ecocycles*. European Ecocycles Society.
<https://doi.org/10.19040/ecocycles.v6i2.181>

Octiara, E., Meliala, C. P., & Sikumbang, L. (2023). Antibacterial Activity of Durian Peel Ethanol Extract (*Durio zibethinus* Murr.) against *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis*. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 16(2), 877–883.
<https://doi.org/10.13005/bpj/2670>

Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A. S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1-32.

Pineda-Zambrano, M. C., Pineda, D., Labarca, J. L. & González-García, H. (2020). Caracterización y comportamiento biológico de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* Rifai del Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 9-15.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/788/1132>.

Rodríguez Cepeda, R., & Álvarez Suarez, N. Y. (2021). Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Caléndula officinalis* L. *Revista Ion*, 34(1), 97-110.

Seo SO, Park SK, Jung SC, Ryu CM, Kim JS. Anti-Contamination Strategies for Yeast Fermentations. *Microorganisms*. 2020 Feb 18;8(2):274.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms8020274>. PMID: 32085437; PMCID: PMC7074673.

Troya Guerrero, G., & Pino Meléndez, V. E. (2023). Microbiota asociada a plantaciones agroforestales de cacao y su impacto en la tolerancia al estrés abiótico. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 24–33.
<https://doi.org/10.24054/cyta.v8i1.2877>.

Vanidze, M., Kharadze, M., Djafaridze, I., Kalandia, G., & Kalandia, A. (2019). Phenolic compounds and their variation with respect to wine fermentation method in Georgian Autochthonal grape Ojaleshi. Journal of Biotechnology, 305, S63. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.05.221>

Microorganisms. MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms8071038>

Vásquez Cortez, L. H., Cevallos Castillo, C. A., Uvidia Vélez, M. V., Segobia Muñoz, S. A., y Plua Montiel, J. A. (2025). Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN51 induciendo microorganismos en yute y cajas Rohan para mejora organoléptico. Luna Azul, (60). <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.10>

Vera Romero José Manuel; Castellanos Suarez Laura Johana. (2022). Evaluación de características colorimétricas y fisicoquímicas en licores de cacao variedades Santander Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Vol. 20 N° 1. Pp: 66 - 76. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.3179>

Vicente, J., Ruiz, J., Belda, I., Benito-Vázquez, I., Marquina, D., Calderón, F., Benito, S. (2020). The genus metschnikowia in enology.