

## **Zeolita mineral como agente clarificante en los procesos productivos de vino en Santiago de Cuba**

Mineral zeolite as a clarifying agent in wine production processes in Santiago de Cuba

Carlos Alberto Cabrera-Chamizo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0000-0455-6936>

Ramón Arias-Gilart<sup>2\*</sup> <http://orcid.org/0000-0003-2050-9712>

Carlos Hernández-Pedrerera<sup>3</sup> <http://orcid.org/0000-0003-2572-0891>

Leandro Díaz-Lescaille<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0003-6522-2181>

Yuniel Gómez-Charón<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0008-4958-375X>

<sup>1</sup>Unidad Empresarial de Base Vinos Palma. Empresa de Bebidas y Refrescos (EMBER) Santiago de Cuba, Cuba

<sup>2</sup>Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Santiago de Cuba. Cuba

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

\*Autor para la correspondencia: [rag@uo.edu.cu](mailto:rag@uo.edu.cu)

### **RESUMEN**

La transparencia es uno de los principales requisitos de calidad de los vinos, se logra fundamentalmente a partir del proceso de clarificación. La bentonita de calcio es el agente clarificante más utilizado hasta la fecha y uno de los más eficientes en la elaboración de los vinos. Por la situación económica que presenta nuestro país, no es posible importar todas las materias primas necesarias para la producción de vinos, tal es el caso de la bentonita. En esta investigación se evalúa el uso de zeolita mineral de producción nacional como clarificante en los procesos

de producción de vinos. Se utilizó la turbidez como variable respuesta del proceso de clarificación y se midió empleando un Turbidímetro TURBIQUANT® 3000 IR/T. En este proceso se emplearon mezclas con diferentes proporciones de bentonita de calcio importada y zeolita mineral nacional, para evaluar el potencial de esta última como clarificante de vinos producidos en Santiago de Cuba. Los mejores resultados se alcanzaron al utilizar mezclas de bentonita importada y de zeolita natural, sedimentación por diez días y luego filtración con papel de filtro con un tamaño de poro de 10 a 13  $\mu\text{m}$ . La turbidez del fermento control disminuyó un 92,9 % de 60 NTU a 4,3 NTU con la zeolita pura y un 95,45 % hasta 2,7 NTU empleando un 75 % de bentonita y un 25 % de zeolita. Los resultados de esta investigación demuestran que es posible emplear la zeolita natural cubana como clarificante en los procesos de producción de vinos.

**Palabras clave:** turbidez; fermento; bentonita; zeolita; clarificación.

## **ABSTRACT**

Transparency is one of the main quality requirements for wines, it is achieved mainly from the clarification process. Calcium bentonite is the most widely used clarifying agent to date and one of the most efficient in winemaking. Due to the economic situation that our country presents, it is not possible to import all the raw materials necessary for the production of wines, such is the case of bentonite. This research evaluates the use of nationally produced mineral zeolite as a clarifier in wine production processes. Turbidity was used as the response variable of the clarification process and was measured using a TURBIQUANT® 3000 IR/T Turbidimeter. In this process, mixtures with different proportions of imported calcium bentonite and national mineral zeolite were used, to evaluate the potential of the latter as a clarifier for wines produced in Santiago de Cuba. The best results were achieved using mixtures of imported bentonite and natural zeolite, sedimentation for ten days, and then filtration with filter paper with a pore size of 10 to 13  $\mu\text{m}$ . The turbidity of the control ferment decreased by 92, 9 % from 60 NTU to 4,3 NTU with the pure zeolite and by 95,45% to 2,7 NTU using 75 % bentonite and

25 % zeolite. The results of this research show that it is possible to use the Cuban natural zeolite as a clarifier in the wine production processes.

**Keywords:** turbidity; ferment; bentonite; zeolite; clarification.

Recibido: 10/05/2023

Aceptado: 18/08/2023

## Introducción

El vino es una de las bebidas más importantes de la civilización occidental, ha tenido un marcado impacto económico y cultural en el desarrollo de la humanidad. Es una de las bebidas más populares y más consumidas del mundo.<sup>(1)</sup> Se produce a partir de la fermentación, fundamentalmente de jugos de frutas.<sup>(2)</sup> La composición del vino es principalmente agua, etanol, glicerol, polisacáridos, diferentes tipos de ácidos y compuestos fenólicos. Los vinos después de la fermentación se presentan como líquidos turbios e inestables que necesitan ser estabilizados y clarificados para conservar su calidad hasta su consumo.<sup>(3)</sup> Debido a los procesos físicos químicos a los que son sometidos generalmente presentan en su composición algunas sustancias dispersas de tamaño coloidal. Estas sustancias provocan que tanto la fabricación como el almacenamiento y el consumo del vino se vean afectados por diferentes fenómenos coloidales.<sup>(4)</sup> Además de macromoléculas incluyen una amplia diversidad de partículas, responsables de turbidez y depósitos en el vino. Estas partículas son principalmente microorganismos (levaduras y bacterias), cristales de tartrato, restos de células de pulpa y agregados de moléculas/macromoléculas que se han formado durante la fermentación.<sup>(3)</sup>

Una de las consecuencias más perjudiciales de la presencia en el vino de estas partículas y aglomerados es la falta de nitidez, brillo y transparencia en el producto

final. Es por ello que se emplea la turbidez como uno de los indicadores de calidad más importantes en las industrias productoras de esta bebida.<sup>(5)</sup> Un motivo frecuente de incremento de turbidez y formación de depósitos en los vinos se debe a la desnaturalización y floculación espontáneas de proteínas termosensibles, sobre todo en verano y durante el transporte de estos productos.<sup>(6)</sup> Las proteínas pueden ser responsables de la inestabilidad coloidal del vino, formando sedimentos amorfos o floculados y producir una elevada e indeseable turbidez antes o después del embotellado. Este tipo de anomalía puede causar graves pérdidas económicas a los productores de vino. Esta inestabilidad es más importante en los vinos blancos, ya que la nitidez y transparencia del vino blanco es un parámetro de calidad sensorial fundamental. El incremento de la turbidez proteica del vino es un proceso multifactorial en el que influyen varios factores, como la temperatura de almacenamiento o envejecimiento del vino, el pH, las interacciones iónicas, la composición proteica del vino, los ácidos orgánicos, el etanol, los compuestos fenólicos, los metales y el contenido de sulfato; entre otros. Por estos motivos, la elaboración moderna de vino suele incluir una fase de estabilización y de clarificación cuyo objetivo es eliminar los compuestos inestables y obtener un producto exento de cambios de claridad, brillo y transparencia durante su producción y embotellamiento.<sup>(7)</sup> Una elevada turbidez y un gran volumen de sedimentos, incluso cuando no afectan el sabor, provocan un impacto perjudicial en la mayoría de los consumidores, debido a que rechazarían el producto. La clarificación también contribuye a disminuir las poblaciones de microorganismos.<sup>(3)</sup>

A nivel internacional y durante muchos años la estabilización-clarificación del vino se ha realizado empleando bentonita como agente clarificante por excelencia. Hoy en día sigue siendo el método más utilizado para la estabilización proteica del vino, siendo uno de los tratamientos más eficaces ampliamente utilizados a escala industrial para evitar la formación de turbidez después del embotellado y almacenamiento.<sup>(8)</sup> La bentonita es un mineral arcilloso de montmorillonita que tiene propiedades de hidratación e hinchamiento. Una vez preparada la bentonita

en forma de lechada, se mezcla con el vino y se deja reposar. En el paso final, el vino se separa de las lías de bentonita mediante trasiego o filtración.<sup>(9)</sup>

La clarificación con bentonita tiene algunas desventajas. Uno de los inconvenientes de la bentonita es que elimina algunos de los compuestos que le dan al vino su sabor y aroma característico. Otras desventajas de la clarificación con bentonita es la pérdida de volumen del vino (3-10 %) debido a la mala sedimentación e hinchamiento, y los altos costos de eliminación.<sup>(10)</sup> Los problemas asociados al transporte, la manipulación y la eliminación de la bentonita, además de los antes mencionados, provocan que en el ámbito industrial se estudien y analicen diferentes alternativas que permitan la clarificación y estabilización de vino. Algunas de estas alternativas incluyen el empleo de diferentes técnicas como son la ultrafiltración <sup>(11)</sup> y el uso de nanopartículas magnéticas recubiertas de ácido acrílico,<sup>(12)</sup> entre otras. Las alternativas más analizadas se relacionan con el empleo de diferentes tipos de clarificantes con el fin de sustituir total o parcialmente la bentonita. Algunos de los clarificantes que se ensayan a nivel de laboratorio e industrialmente son: dióxido de zirconio, <sup>(13)</sup> zeolita,<sup>(9; 14)</sup> polímeros sintéticos,<sup>(15; 16)</sup> proteínas vegetales,<sup>(17)</sup> entre otros.

La producción de vinos en Cuba es una tradición con varias décadas, existen varios productores importantes de vinos artesanales, pero además algunas empresas estatales producen vinos de elevada calidad para su comercialización en divisas y para su exportación. En estos procesos industriales se emplea usualmente bentonita como agente clarificante. Además de las desventajas mencionadas por el empleo de la bentonita, en nuestro país esta materia prima es importada por lo que supone un costo adicional para este tipo de procesos. Es por ello que la búsqueda de alternativas más económicas y sobre todo nacionales es un importante objetivo para las industrias productoras de vinos en nuestro país. A partir de reportes en literaturas internacionales de las ventajas de la clarificación de vinos utilizando zeolitas naturales, <sup>(6; 9; 14)</sup> por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de zeolita natural micronizada de uno de los yacimientos

cubanos como clarificante en la producción de vinos en la provincia de Santiago de Cuba.

## Materiales y métodos

### Bentonita importada y zeolita natural micronizada cubana

A pesar de que en nuestro país existen yacimientos de bentonita, en la mayoría de las industrias productoras de vino se emplea desde hace años bentonita importada. En esta investigación se utilizó una muestra de este mineral importado. La zeolita natural micronizada que se empleó en la investigación es de producción nacional, procedente del yacimiento de San Andrés provincia de Holguín. Este mineral es una zeolita fina de granulometría nominal menor de 0,074 mm, obtenida por medio de un proceso tecnológico totalmente físico, basado en la trituración, clasificación, secado, molienda y micronización del mineral procedente de la mina, hasta alcanzar los requerimientos granulométricos del producto final. La composición química de la zeolita natural y de la bentonita importada empleadas en esta investigación se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1-** Caracterización química de los agentes clarificantes empleados

Bentonita		Zeolita	
Composición Química	(%)	Composición Química	(%)
SiO <sub>2</sub>	65,32	SiO <sub>2</sub>	65,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,18	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,5
MgO	2,14	MgO	1,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,48	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,79
TiO <sub>2</sub>	0,22	SO <sub>3</sub>	0,11
CaO	1,75	CaO	3,04
FeO	0,26	FeO	0,79
Na <sub>2</sub> O	3,97	Na <sub>2</sub> O	2,54
K <sub>2</sub> O	0,71	K <sub>2</sub> O	1,29
Pérdida por calcinación a 900 °C	4,97	Pérdida por calcinación a 900 °C	12,54
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,59	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,67

Los análisis de las muestras indican que los principales componentes de este tipo de bentonita y de zeolita son los mismos:  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  como generalmente ocurre con este tipo de minerales, esto significa que pudieran tener aplicaciones similares. La relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de la zeolita es un 36,83 % mayor que la de la bentonita importada. Ambos minerales tienen un elevado contenido de sílice. Los minerales con una relación Si/Al alta presentan más actividad catalítica. Cuanto mayor es la relación Si/Al de un material, más se incrementa su carácter hidrofóbico, su estabilidad térmica y su carácter ácido.<sup>(9)</sup> El contenido de CaO, FeO,  $\text{K}_2\text{O}$  de la zeolita es mayor que el de la bentonita, sin embargo, el contenido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  es superior en la bentonita. Estas diferencias pudieran provocar ligeras diferencias en las propiedades adsorptivas de estas sustancias. Otra de las propiedades importantes de este tipo de muestras es la granulometría, los resultados obtenidos en la caracterización de esta propiedad se presentan en la tabla 2. La Norma ISO 2591-1:1988 Test Sieving 1988 <sup>(18)</sup> se utilizó como referencia en estos análisis.

**Tabla 2-** Granulometría de los minerales empleados como agentes clarificantes

Muestra	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )							
	1180	355	250	125	90	<74	>44	<44
Bentonita Importada (%)	10,44	62,68	12,63	7,38	1,63	5,09	-	-
Zeolita (%)	-	-	-	-	-	-	10	90

El tamaño de partícula en la bentonita importada es mucho mayor que el de la zeolita natural micronizada cubana. Varios autores refieren que, en términos de tamaño de partícula, la fracción de 50 a 20  $\mu\text{m}$  fue la más efectiva para los tratamientos que persiguen la estabilización y la clarificación de vinos. Fundamentalmente porque el tamaño de partícula tuvo una influencia significativa en la eliminación de proteínas de los vinos, las cuales son uno de los principales causantes de la turbidez en estos productos. <sup>(9)</sup> A partir de estos resultados se podría inferir que la zeolita cubana tendría un buen resultado en la clarificación de vinos.

## Vino o fermento

En los experimentos se empleó vino sin clarificar elaborado por los métodos habituales de producción de vino comercial de las industrias de Santiago de Cuba. El vino objeto de estudio no es el producto final del proceso, es el vino que se obtiene después de la etapa de fermentación, se le conoce con el nombre de fermento. Algunas de las propiedades de este fermento se listan en la tabla 3.

**Tabla 3-** Propiedades del vino objeto de estudio

Propiedades	El grado alcohólico (GL)	Brix	Acidez (g/ 100 ml)	pH	Turbidez (NTU)
Valores	6 a 7	0	0,2 a 0,65	4,2 a 4,8	55 a 70

La turbidez en este vino es uno de los indicadores que presenta resultados más críticos, es por ello que se empleó esta propiedad para evaluar los efectos de la clarificación con zeolita natural micronizada y sus mezclas con bentonita importada.

### Medición de turbidez

Para la medición de esta propiedad se empleó un turbidímetro comercial del tipo TURBIQUANT® 3000 IR/T. En este equipo se realizaron diez lecturas por muestra, estos resultados se promediaron y se graficaron. La significación estadística de los resultados se validó considerando un valor  $p < 0,05$  a partir de comparaciones de medias aritméticas.

### Procedimiento empleado

Las suspensiones de zeolita y bentonita fueron preparadas mezclando diferentes proporciones de estos agentes clarificantes con 500 mL, la zeolita y la bentonita fueron previamente hidratadas. Se evaluó el efecto en la turbidez de la sedimentación por si sola y del tiempo de agitación del proceso de mezclado, se

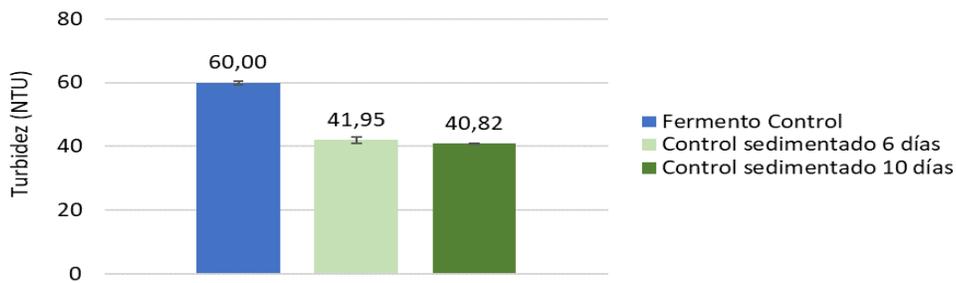
utilizaron tres tiempos de agitación 20 min, 40 min y 60 min. No se utilizaron mayores tiempos de agitación porque se incurrirían en grandes gastos energéticos si se logra implementar este tratamiento en la industria. Se utilizó una concentración de zeolita de 8 g/L debido a que se han obtenido resultados satisfactorios empleando esta proporción con otro tipo de zeolita natural. <sup>(9)</sup> Para la bentonita importada su concentración o dosis fue de 1,5 g/L porque esta es la dosificación promedio que se emplea en las plantas productivas de vinos en la EMBER Santiago de Cuba. La suspensión resultante se dejó reposar (sedimentar) seis y diez días en probetas graduadas de 500 mL, luego se retiró el líquido claro y se realizaron las determinaciones de la turbidez a todas las muestras. Se empleó el fermento sin tratamiento como control.

Las muestras de vino después del reposo también se filtraron empleando papel de filtro de 185 mm de diámetro, # 91 de Whatman, con un rango de retención de 10 a 13 µm. Al líquido obtenido se le determinó también la turbidez y se compararon los resultados con los obtenidos después de la sedimentación. Se determinó el efecto en la turbidez de la bentonita importada pura (B100), de la zeolita natural cubana pura (Z100) y de diferentes mezclas de estos adsorbentes. Las mezclas fueron 25% de zeolita y 75 % de bentonita (Z25B75), 50 % de zeolita y 50 % de bentonita (Z50B50), además de 75 % de zeolita y 25 % de bentonita (Z75B25).

## **Resultados y análisis**

### **Influencia del tiempo de sedimentación en la turbidez del vino**

El vino o fermento control se dejó sedimentar sin agregarle ningún agente clarificante, se realizaron determinaciones de turbidez del líquido claro obtenido a los seis y a los diez días de sedimentación. Los resultados obtenidos en la turbidez se graficaron y se compararon con el control para evaluar el efecto del tiempo de sedimentación en la turbidez del vino. La figura 1 muestra los resultados obtenidos.

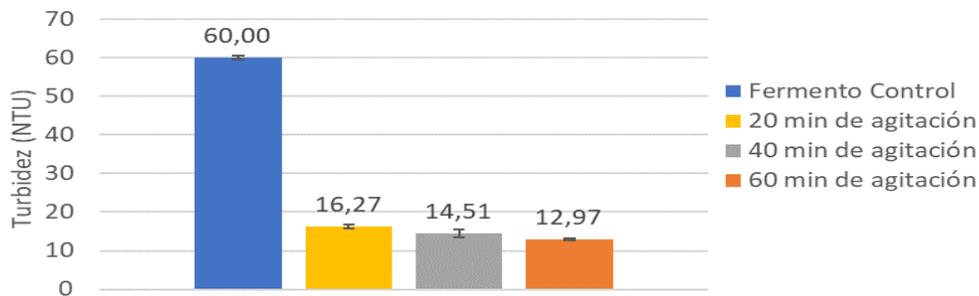


**Fig. 1** - Efecto de la sedimentación en la turbidez del vino

Después de transcurridos seis días de sedimentación la turbidez de la muestra se redujo en un 30 % respecto al control, alcanzando el valor de 41,95 NTU. Al cabo de diez días se alcanzó una turbidez de 40,81NTU que representa una disminución de un 32 % respecto al control. A partir de estos resultados se puede apreciar que la sedimentación por sí sola logra disminuir la turbidez del vino objeto de estudio de un 30 a un 32 % en diez días. Esta operación unitaria por sí sola no resuelve el problema de la turbidez en este tipo de vinos ya que se desean obtener vinos brillantes y nítidos con valores de turbidez por debajo de 4 NTU. Utilizar mayores tiempos de sedimentación no sería viable para la industria de producción de vinos pues implicaría pérdidas económicas al prolongar demasiado la duración del proceso de producción. Además, en el gráfico se pudo apreciar que entre seis y diez días de sedimentación no se logra una marcada diferencia en la turbidez de estos vinos. Por estos motivos se hace necesario utilizar la estabilización – clarificación para conseguir menores valores de estas propiedades en períodos más cortos de tiempo para este tipo de vinos. En este proceso se emplean agentes clarificantes minerales como la bentonita. Generalmente se añade una cantidad determinada de clarificante y se agita por un determinado tiempo para garantizar un tiempo de contacto óptimo entre el líquido y el mineral. El tiempo de agitación es entonces una variable de proceso muy importante en estos sistemas.

## Tiempo de agitación

En el proceso de clarificación se agrega el clarificante previamente hidratado poco a poco y se agita para que se mantenga en contacto con el vino un determinado tiempo. En este proceso uno de los factores importantes que es necesario evaluar es el tiempo de agitación. Con la agitación se garantiza que todo el mineral este en contacto con el vino un tiempo prudencial para garantizar que se adhieran y precipiten todas las impurezas que se desean separar del líquido claro. Los resultados obtenidos en la turbidez del vino variando el tiempo de agitación (20 min, 40 min y 60 min), después de diez días de sedimentación se muestran en la figura 2.



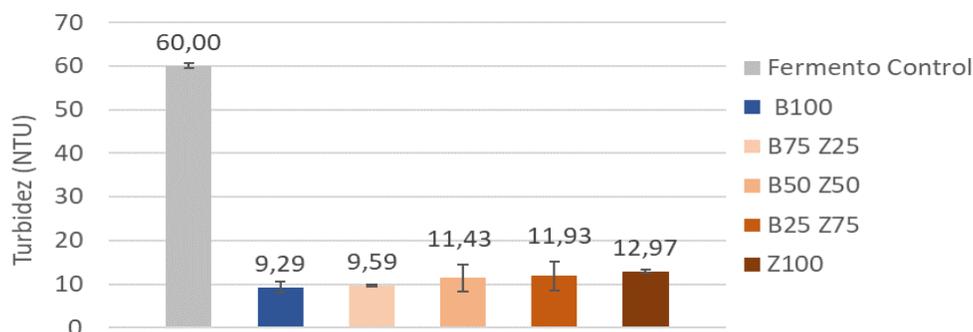
**Fig. 2** -Efecto del tiempo de agitación en la turbidez del vino

Con la aplicación de zeolita pura, diez días de sedimentación y empleando un tiempo de agitación de 20 min se logró disminuir la turbidez un 72,88 %. Al incrementar el tiempo de agitación a 40 min y luego a 60 min se redujo aún más la turbidez un 75,81 % y un 78,38 % respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos en <sup>(6)</sup> y <sup>(9)</sup> empleando otros tipos de vino y de zeolita. Al aumentar el tiempo de contacto entre los clarificantes y el líquido se incrementa el tiempo de contacto entre ambas fases sólida y líquida lo que trae como resultado una mayor eficiencia en el proceso de clarificación y posteriormente en el de sedimentación. Por estos motivos se obtienen mejores resultados al incrementar el tiempo de agitación hasta 60 min. No se evaluaron mayores tiempos de agitación porque desde el punto de vista industrial a la hora de escalar la tecnología tiempos de

agitación mayor de una hora serían muy costosos y difíciles de alcanzar desde el punto de vista energético por la empresa donde se fabrica este producto. Para los experimentos desarrollados analizando las diferentes mezclas de minerales se empleó un tiempo de agitación de 60 min.

### Mezclas de clarificantes

La concentración o dosis de clarificante empleada en todos los casos fue de 8 g/L ya que varios autores han obtenido resultados relevantes empleando esta dosis con otros tipos de zeolitas y de vinos <sup>(6; 9)</sup> y para la bentonita importada de 1,5 g/L porque esta es la dosificación promedio que se emplea en las plantas productivas de vinos en la EMBER Santiago de Cuba. Los resultados obtenidos en la evaluación de estas mezclas de clarificantes a los diez días de sedimentación y empleando un tiempo de agitación de 60 min se muestran en la figura 3.

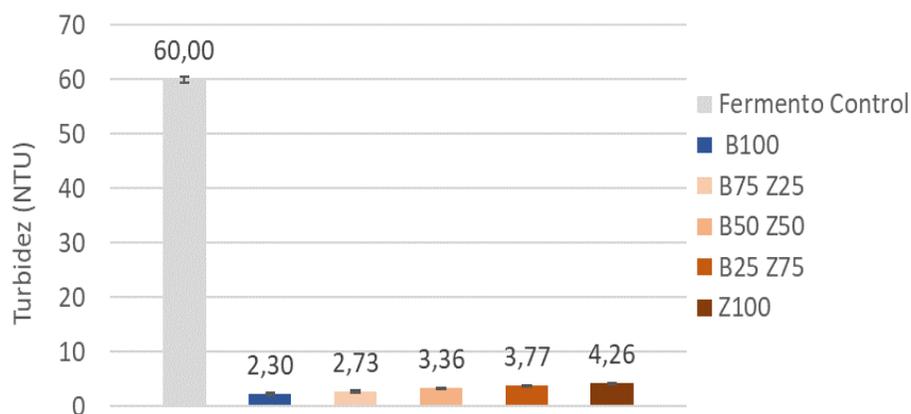


**Fig. 3-** Efecto de las mezclas de los clarificantes en la turbidez del vino

Con la bentonita pura (B100) que es el agente clarificante de excelencia para estos vinos desde hace muchos años, después de diez días de sedimentación se logró obtener una turbidez de 9,29 NTU lo que significa una reducción de un 84,52 % de la turbidez del vino control. Utilizando la zeolita natural pura se obtuvo una disminución de un 78,38 % alcanzando una turbidez de 12,97 NTU, estos resultados demuestran que la bentonita importada tiene propiedades químico-físicas con más potencial para la separación de este tipo de sustancias orgánicas

que la zeolita natural cubana. Sin embargo, la diferencia obtenida entre estos dos adsorbentes en la reducción de la turbidez fue de solo un 6,14 %. Al emplear las diferentes mezclas de bentonita y zeolita se logran obtener resultados muy alentadores. Con la mezcla B25Z75 y con la mezcla B50Z50 se obtienen reducciones de la turbidez de un 80,12 % y un 80,95 % respectivamente, estos valores son muy cercanos a los obtenidos con la bentonita importada para este tipo de uso. Con la mezcla B75Z25 se obtiene una turbidez de 9,59 NTU este valor no es diferente desde el punto de vista estadístico al obtenido con la bentonita pura. Esto significa que empleando esta proporción de clarificantes se obtendrían los mismos resultados que utilizando la bentonita pura. Además, se estaría contribuyendo a ahorrar o dejar de emplear un 25% de la bentonita importada, lo que constituye un importante impacto tecnológico, económico y medioambiental para esta industria cubana.

Luego del proceso de sedimentación las muestras se filtran para separar las partículas suspendidas que no lograron precipitar. Para verificar el efecto de la filtración luego del proceso de sedimentación en la turbidez se utilizó un papel de filtro con tamaño de poro de 10 a 13µm para separar el líquido claro de las partículas suspendidas. Al líquido filtrado se le realizó nuevamente la medición de la turbidez. Los resultados de este experimento se muestran en la figura 4.



**Fig. 4** -Efecto de las mezclas de los clarificantes y de la filtración en la turbidez del vino

Incluyendo la filtración se logra disminuir mucho más la turbidez de las muestras con todas las proporciones o mezclas de los agentes clarificantes. Con la bentonita pura, el vino sedimentado y después filtrado se logra disminuir la turbidez del vino en un 96,17 % obteniendo un valor de 2,3 NTU. Utilizando zeolita natural pura, sedimentación y filtración se alcanza una turbidez de 4,26 NTU lo que significa una reducción de 92,9 % respecto a la turbidez inicial. Nuevamente los mejores resultados se obtienen utilizando la mezcla que incluye un 25 % de zeolita y un 75 % de bentonita. En estas condiciones se alcanzó una reducción de un 95,45 % de la turbidez inicial que equivale a 2,73 NTU. Estos valores no difieren desde el punto de vista estadístico con los obtenidos con la bentonita pura. Por lo que se puede afirmar que con la zeolita natural micronizada mezclada con bentonita importada se pueden obtener resultados similares a los que se obtienen empleando la bentonita tradicional, la cual incrementa el costo de producción de este tipo de vinos en las industrias cubanas.

## **Conclusiones**

La sedimentación logra disminuir la turbidez del vino objeto de estudio de un 30 a un 32 % en diez días. Esta operación unitaria por sí sola no resuelve el problema de la turbidez en este tipo de vinos. Al incluir un agente clarificante, en este caso zeolita natural cubana e incrementar el tiempo de agitación hasta 60 min se redujo la turbidez un 78,38 %. Los mejores resultados se alcanzaron al utilizar mezclas de bentonita importada y de zeolita natural, sedimentación por diez días y luego filtración con un tamaño de poro de 10 a 13  $\mu\text{m}$ . La turbidez del fermento control disminuyó un 92,9 % de 60 NTU a 4,3 NTU con la zeolita pura y un 95,45 % hasta 2,7 NTU empleando un 75 % de bentonita y un 25 % de zeolita mineral. Estos resultados implican un considerable ahorro económico y sobre todo brindan autosustentabilidad a las empresas productoras de vino del territorio nacional. Los resultados de esta investigación demuestran que es posible emplear la zeolita natural cubana como clarificante en los procesos de producción de vinos en las

industrias de Santiago de Cuba. Los mejores resultados se alcanzaron empleando una mezcla de 25 % de zeolita y 75 % de bentonita importada, pero solo con el empleo de zeolita pura se pudo reducir considerablemente la turbidez de estos vinos.

## Referencias bibliográficas

1. LOWOR, S., *et al.* "Production of Wine and Vinegar from Cashew (*Anacardium occidentale*)" Apple". *British Biotechnology Journal*. 2016, **12**(3), p. 1. Disponible en. [10.9734/BBJ/2016/23366](https://doi.org/10.9734/BBJ/2016/23366) Consultado: 23 de octubre 2022. ISSN: 2231–2927
2. PRASERTSRI, P., *et al.* "Cashew apple juice: Contents and effects on health". *Nutrition & Food Science International Journal*. 2017, **491**, p. 1-3. Consultado: 12 de noviembre 2022
3. VERNHET, A. Red wine clarification and stabilization. In *Red wine technology*. Elsevier, 2019, p. 237-251.
4. MIERCZYNSKA-VASILEV, A., *et al.* "Current state of knowledge and challenges in wine clarification". *Australian journal of grape and wine research*. 2015, **21**, p. 615-626. Disponible en. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12198>. Consultado: 8 de noviembre 2022.
5. BOWYER, P. K., *et al.* NTU vs wine filterability index—what does it mean for you. [en línea]. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, pp. 76-80. (585) ISSN 0727-3606]
6. MERCURIO, M., *et al.* "Natural zeolites and white wines from Campania region (Southern Italy): a new contribution for solving some oenological problems". *Periodico di Mineralogia*. 2010, **79**(1), p. 95-112. Disponible en. <https://core.ac.uk/download/pdf/55034301.pdf>. Consultado: 13 de octubre 2022.
7. PUŠKAŠ, V., *et al.* "The impact of enological products for tartaric stabilization on wine filterability". *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2021,

- 27(4), p. 355-362. Disponible en. <https://doi.org/10.2298/CICEQ200913003P>. Consultado: 12 de noviembre 2022
8. OSORIO-MACÍAS, D. E., *et al.* "Characterization on the impact of different clarifiers on the white wine colloids using Asymmetrical Flow Field-Flow Fractionation". *Food Chemistry*. 2022, **381**, p. 132123. Disponible en. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132123>. Consultado: 25 de noviembre 2022.
9. MIERCZYNSKA-VASILEV, A., *et al.* "Using zeolites to protein stabilize white wines". *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2019, **7**(14), p. 12240-12247. Disponible en. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01583>. Consultado: 23 de noviembre 2022.
10. WATERS, E. J., *et al.* "Preventing protein haze in bottled white wine". *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2005, **11** (2) p. 215-225. Consultado: 16 de octubre 2022
11. SUI, Y., *et al.* "Use of ultrafiltration and proteolytic enzymes as alternative approaches for protein stabilisation of white wine". *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2021, **27**(2) p. 234-245. Disponible en. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12475>. Consultado: 18 de octubre 2022.
12. MIERCZYNSKA-VASILEV, A., *et al.* "Regeneration of magnetic nanoparticles used in the removal of pathogenesis-related proteins from white wines". *Foods*. 2019, **9** (1) p. 1. Disponible en. <https://doi.org/10.3390/foods9010001>. Consultado: 28 de octubre 2022.
13. MARANGON, M., *et al.* "Protein stabilisation of white wines using zirconium dioxide enclosed in a metallic cage". *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011, **17**(1), p. 28-35. Disponible en. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00112.x>. Consultado: 28 de noviembre 2022.
14. MERCURIO, M., *et al.* Natural Zeolites and White Wines from Campania Region: a New Approach for Solving Oenological Problems. [en línea]. de junio]. <https://iris.unisannio.it/handle/20.500.12070/4318>

15. GIL, M., *et al.* "Effect of polyvinylpolypyrrolidone treatment on rosés wines during fermentation: Impact on color, polyphenols and thiol aromas". *Food chemistry*. 2019, **295**, p. 493-498. Disponible en. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.125>. Consultado: 4 de noviembre 2022.
16. GIL, M., *et al.* "Rosé wine fining using polyvinylpolypyrrolidone: Colorimetry, targeted polyphenomics, and molecular dynamics simulations". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017, **65**(48) p. 10591-10597. Disponible en. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04461>. Consultado: 8 de diciembre 2022
17. MARANGON, M., *et al.* "Wine fining with plant proteins". *Molecules*. 2019, **24**(11) p. 2186. Disponible en. <https://doi.org/10.3390/molecules24112186>. Consultado: 22 de diciembre 2022
18. *ISO 2591-1:1988 Test Sieving — Part 1: Methods Using Test Sieves of Woven Wire Cloth and Perforated Metal Plate.*: 1988.

### **Conflictos de interés**

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses

### **Contribución de los autores**

Carlos A. Cabrera Chamizo: contribuyó con la idea y en la realización de los experimentos. además, en la revisión y aprobación final de la versión que va a publicarse.

Ramón Arias Gilart: contribuyó con la idea y en la realización de los experimentos, en la recogida de datos, al análisis e interpretación de datos. Trabajó en la redacción del borrador del artículo y en la revisión crítica de su contenido.

Carlos Hernández Pedrera: contribuyó en la realización de los experimentos, en la recogida de datos. Trabajó en la redacción del borrador del artículo y en la revisión crítica de su contenido.

Leandro Díaz Lescaille: contribuyó en la realización de los experimentos, en la recogida de datos, en el análisis e interpretación de datos.

Yuniel Gómez Charón: contribuyó en la recogida de datos. Trabajó en la revisión del artículo.