



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca  
(Artocarpus heterophyllus)*

*Study of polyphenols and control variables in the fermentation of jackfruit  
(Artocarpus heterophyllus)*

*Estudo de polifenóis e variáveis de controle na fermentação da jaca (Artocarpus  
heterophyllus)*

José Alex Arteaga-Cevallos <sup>I</sup>  
[josea.arteaga@pg.uleam.edu.ec](mailto:josea.arteaga@pg.uleam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-7962-8401>

Mirabella del Jesús Lucas-Ormaza <sup>II</sup>  
[mirabella.lucas@uleam.edu.ec](mailto:mirabella.lucas@uleam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1817-6712>

**Correspondencia:** [josea.arteaga@pg.uleam.edu.ec](mailto:josea.arteaga@pg.uleam.edu.ec)

\***Recibido:** 29 de noviembre del 2022 \***Aceptado:** 28 de diciembre del 2022 \* **Publicado:** 7 de enero del 2023

- I. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ingeniero Químico, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Magíster en Procesamiento de Alimentos, Universidad Agraria del Ecuador, Tecnólogo en Agroindustrias, Escuela superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ingeniera Agroindustrial Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

## Resumen

El nombre científico de la especie conocida como jaca en los países hispanohablantes es *A. heterophyllus*, y se considera como un alimento con mucha versatilidad, pues proporciona nutrientes como sodio, potasio, hierro, vitamina B6, calcio, zinc, además tiene propiedades antioxidantes. Esta investigación tuvo como objetivo estudiar la estabilidad del contenido de polifenoles presentes en la fruta jaca (*artocarpus heterophyllus*) durante las principales operaciones del proceso de obtención de vino para lo cual se evaluó el contenido de polifenoles mediante el método de Folin-Ciocalteu en las diferentes fases del proceso de fermentación. Así también se evaluó la capacidad antioxidante mediante el método ABTS, dando como resultado que el contenido fenólico es de 0,80 en la pulpa, 0,65 en el mosto, 1,00 en la fermentación primaria, 0,43 en la fermentación secundaria, 0,37 en la pasteurización, 0,62 en la clarificación y 1,37 en la maduración; en el caso de la capacidad antioxidante los valores fueron: 32,44 en la pulpa, 27,67 en el mosto, 27,37 en la fermentación primaria, 25,43 en la fermentación secundaria, 27,59 en la pasteurización, 26,77 en la clarificación y 25,73 en la maduración, por lo tanto se concluyó que el contenido fenólico más alto se dio en la etapa de la maduración y el menor en pasteurización; en el caso de la capacidad antioxidante el resultado mayor se obtuvo en la pulpa mientras que el menor en la fermentación secundaria, cabe recalcar que el contenido antioxidante de esta bebida fermentada es alto por lo tanto es beneficioso para la salud.

**Palabras claves:** Vino; Jaca; Fermentación; Compuestos Fenólicos; Capacidad Antioxidante.

## Abstract

The scientific name of the species known as jackfruit in Spanish-speaking countries is *A. heterophyllus*, and it is considered a very versatile food, since it provides nutrients such as sodium, potassium, iron, vitamin B6, calcium, zinc, and also has antioxidant properties. The objective of this research was to study the stability of the polyphenol content present in the jack fruit (*arthrocarpus heterophyllus*) during the main operations of the wine-making process, for which the polyphenol content was evaluated using the Folin-Ciocalteu method in the different phases of the fermentation process. Thus, the antioxidant capacity was also evaluated using the ABTS method, resulting in the phenolic content being 0.80 in the pulp, 0.65 in the must, 1.00 in primary fermentation, 0.43 in

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

secondary fermentation. , 0.37 in pasteurization, 0.62 in clarification and 1.37 in maturation; In the case of antioxidant capacity, the values were: 32.44 in the pulp, 27.67 in the must, 27.37 in primary fermentation, 25.43 in secondary fermentation, 27.59 in pasteurization, 26, 77 in clarification and 25.73 in maturation, therefore it was concluded that the highest phenolic content occurred in the maturation stage and the lowest in pasteurization; In the case of antioxidant capacity, the highest result was obtained in the pulp while the lowest in secondary fermentation. It should be noted that the antioxidant content of this fermented drink is high, therefore it is beneficial for health.

**Keywords:** Wine; Pony; Fermentation; Phenolic compounds; Antioxidant capacity.

### Resumo

O nome científico da espécie conhecida como jaca nos países de língua espanhola é *A. heterophyllus*, e é considerado um alimento muito versátil, pois fornece nutrientes como sódio, potássio, ferro, vitamina B6, cálcio, zinco, além de possuir propriedades antioxidantes. O objetivo desta pesquisa foi estudar a estabilidade do teor de polifenóis presentes na jaca (*arthrocarpus heterophyllus*) durante as principais operações do processo de vinificação, para o qual o teor de polifenóis foi avaliado pelo método de Folin-Ciocalteu nas diferentes fases do processo de fermentação. Assim, a capacidade antioxidante também foi avaliada pelo método ABTS, resultando no teor de fenólicos sendo 0,80 na polpa, 0,65 no mosto, 1,00 na fermentação primária, 0,43 na fermentação secundária, 0,37 na pasteurização, 0,62 na clarificação e 1,37 na maturação; No caso da capacidade antioxidante, os valores foram: 32,44 na polpa, 27,67 no mosto, 27,37 na fermentação primária, 25,43 na fermentação secundária, 27,59 na pasteurização, 26,77 na clarificação e 25,73 na maturação, portanto foi concluíram que o maior teor de fenólicos ocorreu na maturação e o menor na pasteurização; No caso da capacidade antioxidante, o maior resultado foi obtido na polpa e o menor na fermentação secundária. De notar que o teor de antioxidantes desta bebida fermentada é elevado, pelo que é benéfico para a saúde.

**Palavras-chave:** Vinho; Pónei; Fermentação; Compostos fenólicos; Capacidade antioxidante.

### Introducción

Tapia & Uribe (2016) mencionan que el fruto de jaca se cultiva ampliamente en regiones tropicales, en climas que permitan un desarrollo óptimo y después de la cosecha. Generalmente, el árbol es

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

altamente productivo en cuanto a su floración y tamaño del fruto, llegando a ser un producto de gran interés para el estudio en el mundo.

Por otra parte, Simba (2014) indica que la jaca presenta propiedades de alto valor nutritivo con una buena fuente de calcio, potasio y vitamina A. Sobre todo, compuestos fenólicos como carotenoides, flavonoides, taninos, esteroides, lo cual hace de ella una fruta apetecida en el ámbito nutricional y organoléptico. Sin embargo, existe una baja comercialización debido a la escasa información, distancia a los centros de acopio y falta de tecnología para su conservación afectando a más de 70% de su producción (Carrasco, 2010).

Actualmente, la comercialización de la jaca domina en Estados Unidos y Reino Unido, y específicamente destinada a las comunidades asiáticas por sus costumbres y cultura de consumo de la fruta fresca y no procesada, lo que disminuye de manera significativa el tiempo de vida útil y el aumento de desperdicio al no tener un método de conservación adecuado, dando lugar a un producto menos atractivo para el consumidor. Un mayor análisis acerca de la fruta, permitirá explotar de mejor manera su producción en la industria alimenticia (Eid & Recalde, 2014)

Zurita Haro & Maldonado Cabrera (2021) indican que esta fruta se adapta fácilmente a los climas húmedos o tropicales como el de la amazonia ecuatoriana en Napo, Sucumbíos y Orellana, sin embargo también se encuentre al noroccidente de Pichincha, Santo Domingo, Los Ríos y en algunas zonas de Manabí y Esmeraldas. Por otra parte, (Delgado Cedeño & Reyes Noriega, 2015) de acuerdo a lo manifestado por Sibounnavong et al. (2010) citado en (Kumoro et al., 2012) las bebidas fermentadas cuyo nivel de alcohol oscilan entre 8-15%, casi siempre es producido a partir del jugo de uva, pero también se puede producir del jugo de otras frutas; las bebidas vínicas en la última década han tomado mucha popularidad debido a su contenido de antioxidantes (Jiménez Ochoa et al., 2018).

Ortiz y Acuña (2022) destacan que en el Ecuador aún se carece de investigaciones en donde se evalúe los compuestos fenólicos presentes en la Jaca, así mismo en su procesamiento, teniendo en cuenta que estos pueden variar en base a las diferentes condiciones en la que es sometida la fruta. Por tal motivo, se requiere ampliar la búsqueda y así comprobar su posible aplicación, debido a que estos compuestos y su capacidad antioxidante son de gran interés.

En relación con lo anterior, se puede destacar que los compuestos fenólicos son los encargados de realizar múltiples funciones biológicas y fisiológicas, interviniendo en procesos como el crecimiento, la maduración y la fermentación de la mayoría de las frutas (Martínez García Eva

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

et al., 2015), estos metabolitos son usados para combatir radicales libres responsables de causar la oxidación de membranas y daño al ADN. (Cantillo Zacarías et al., 2021)

Dentro de la investigación de los compuestos bioactivos presentes en la jaca se conoce que los carotenoides, la vitamina C, capacidad antioxidante, fenoles y flavonoides se encuentran en mayor cantidad en la pulpa madura de este fruto, a comparación de la pulpa en fases prematuras que presenta menor cantidad de estos bioactivos (Emerson & Maritza, 2021), las concentraciones de estos metabolitos pueden verse modificadas por factores bióticos y abióticos.

En Ecuador; la técnica de espectrofotometría utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu para medir la concentración de fenoles totales aplicado en extractos acuosos y metanolicos hechos con pulpa de jaca se han usado para evidenciar que si es posible cuantificar los compuestos fenólicos en la pulpa de la fruta. (Ramos Becerra & Udeo Tagua, 2019), por otro su alto contenido de azúcar y compuestos fenólicos demuestran que esta fruta es idónea para la elaboración de bebidas alcohólicas (Zurita Haro & Maldonado Cabrera, 2021), la producción de vino a partir de jugo de jaca por fermentación utilizando *Saccharomyces cerevisiae* o como levadura se puede hacer en menos de dos semanas y es más rápida que la fermentación natural (Kumoro et al., 2012)

En el país existe poca investigación acerca de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, usos, beneficios y las formas en la que la jaca ayudaría a la salud, debido a esta falta de información se ha convertido en una fruta poco consumida en el país, en este contexto López (2017) expresa que debido a esta causa tiene poco tiempo insertada en el Ecuador. El país cuenta con unas 6000 hectáreas en las que se ha estudiado de la planta su efecto normoglicemiante (Mera, Mendoza, & Belén, 2018), realizando harina de sus semillas (Delgado & Reyes, 2015) entre otros; por ende, es necesario realizar estudios de su composición química como la determinación de polifenoles totales y su actividad antioxidante.

En las investigaciones de Delgado & Reyes, (2015) se recolectaron semillas de jackfruit y se sometieron a procesos térmicos y unitarios para la obtención de las semillas secas a una temperatura de 45°C, además de calcular el porcentaje de agua que perdieron las semillas (56%), también se calculó su poder antioxidante mediante el método de inhibición del radical libre sintético DPPH dando un porcentaje de inhibición de 20.53%.

Por otra parte, Fang et al., (2008) indica que la jaca es una fruta con alto valor nutricional y debido a sus propiedades organolépticas es considerada buena opción para obtener bebidas fermentadas con alto contenido fenólico y capacidad antioxidante, esto ha generado a necesidad de investigar a

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

fondo ya que se ha demostrado que los compuestos fenólicos aislados poseen efectos antiinflamatorios. Así mismo se ha demostrado que las características físicas y composición bioquímica de la pulpa de jaca están influenciada tanto por el tipo como por el lugar en el que fue cultivada. (Goswami et al., 2011).

En relación a lo anterior, se puede destacar que esta investigación tuvo como objetivo estudiar la estabilidad del contenido de polifenoles presentes en la fruta jaca (*Artocarpus heterophyllus*) durante las principales operaciones del proceso de obtención de vino.

### **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en los talleres de procesos de la carrera de Agroindustria de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología, y Laboratorio Centro de Servicios de Control de Calidad “CESECCA” de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí “ULEAM”.

### **Proceso de elaboración del vino**

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de elaboración del vino (gráfico 1).

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

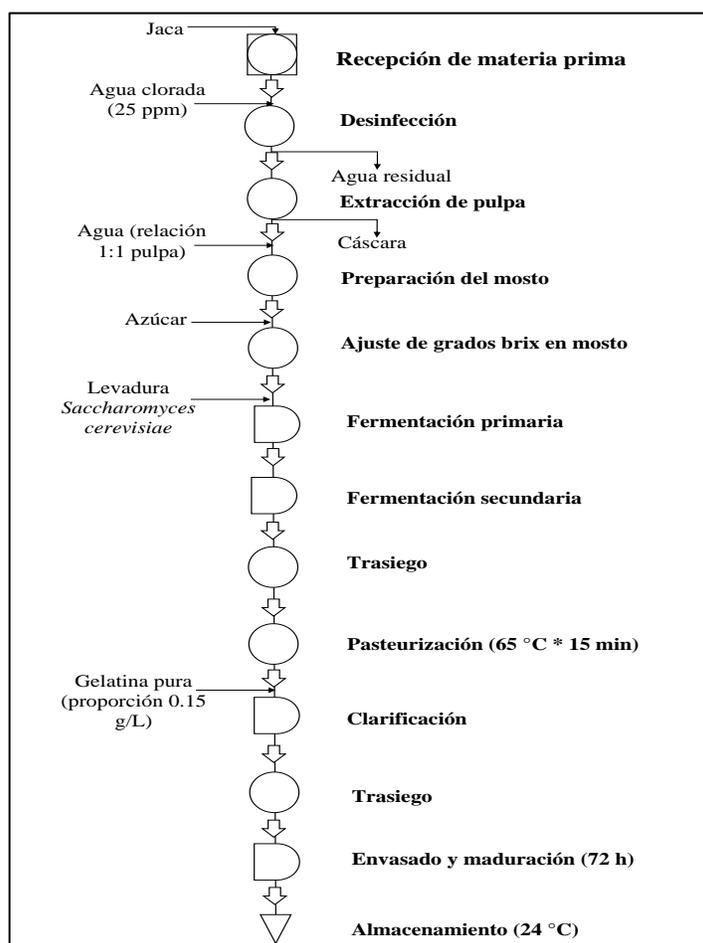


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del vino de Jaca.

### Extracción de la pulpa:

Este trabajo se desarrolló con 4 frutas sanas en estado pintón-maduro según la clasificación descrita por Emerson & Maritza, (2021) dichas frutas provenientes de la sierra ecuatoriana de la provincia de Pichincha del cantón de Quito cultivadas en la ciudad de Puerto Quito fueron debidamente desinfectadas con agua clorada (25ppm), haciendo la caracterización morfológica, física química y sensorial de la fruta entera y como pulpa.

### Preparación del Mosto:

Para la preparación del mosto se colocó la pulpa en relación 1:1 p/v (pulpa/agua) en una licuadora industrial basculante Kohlbach para homogenizar la muestra, se trabajó con una unidad experimental de 20.7kg de mosto la cual se encontraba a 5°Brix y fue corregido con sacarosa (4,19Kg) a 21°Brix  $\pm 0,8$ , para lo cual se realizó el cálculo mediante la siguiente ecuación:

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

$$\text{Gramos de Azucar} = \frac{\text{Gramos de mosto inicial}(\text{°Brix final} - \text{°Brix inicial})}{(100 - \text{°Brix final})}$$

*Rectificación de °Brix.*

**Fermentación Primaria:**

Se colocó el mosto en 3 frascos de vidrio transparente correspondientes a las tres réplicas de estudio, en razón de 6L por cada uno, los cuales tenían una capacidad de 8 litros de forma individual, recubiertos con papel aluminio para proteger el ingreso de luz en el proceso de fermentación la misma que fue anaerobia empleando una trampa de agua y con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) activa y dosificada en 20 g/l de mosto.

Durante la fermentación primaria el mosto fue homogenizado cada 12 horas mediante agitación manual, facilitando así que borras que precipitan a la parte superior desprendan las levaduras que atrapan y el proceso de fermentación sea homogéneo, en esta etapa el control de °Brix y pH se realizó cada 24 horas, hasta que no haya más descenso de Brix, culminando en este punto la primera fase de fermentación, para ello se separan las borras del mosto. (Guiñazú et al., 2010)

**Fermentación secundaria:**

En esta fase de fermentación el descenso de los °Brix es lento debido a que la mayor cantidad de azúcar se ha convertido en alcohol además la gran parte de levaduras fueron separadas junto con las otras, pasada la fermentación secundaria se procedió a realizar el primer trasiego evitando mover los sedimentos.

**Pasteurización:**

Las muestras obtenidas de cada una de las repeticiones fueron pasteurizadas a 65°C por 15 minutos y envasadas en botellas ámbar estériles.

**Clarificación:**

Para clarificar el vino se adicionó gelatina pura en proporción de 0.15 g/l, y se deja reposar, a las 72 horas se realizó el segundo trasiego.

**Maduración:**

A 72 horas más a partir del segundo trasiego, se realiza una segunda filtración para finalmente envasar en botellas previamente esterilizadas, para evitar oxidaciones y desarrollo de microorganismos indeseables y llevar a efecto la correcta maduración del vino.

## **Evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante**

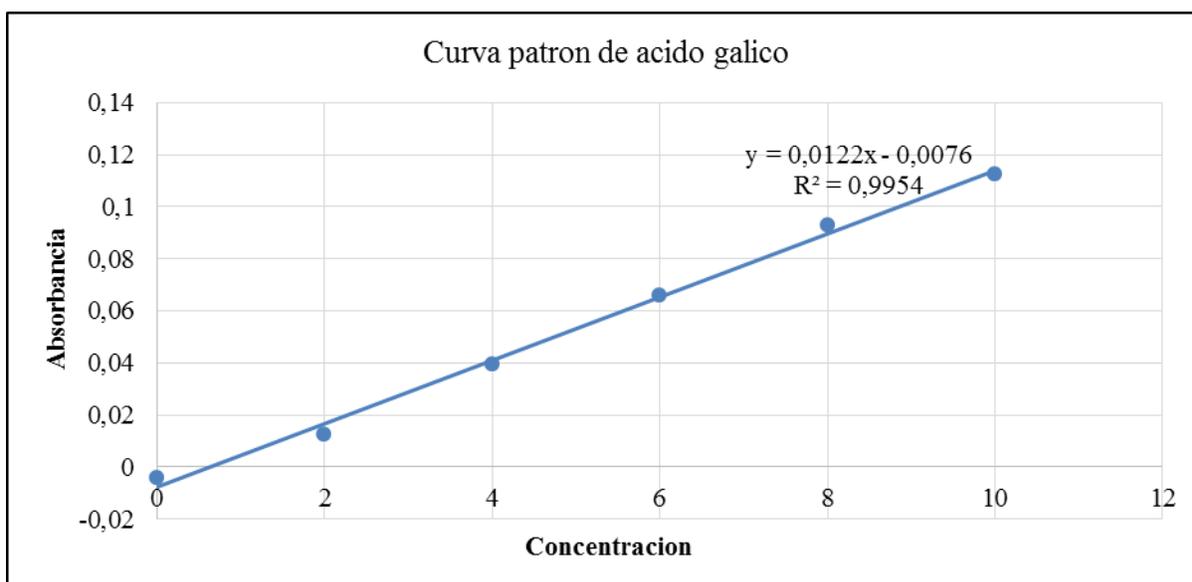
Para evaluar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes en cada una de las etapas del proceso de vino de Jaca se tomó como base la metodología de elaboración de vino casero propuesta por el Instituto Nacional de Viticultura de Argentina (2010) con ciertas modificaciones.

### **Compuestos fenólicos**

Propuesto por (Martínez García et al., 2015), el método de Folin-Ciocalteu, se realizó tomando la muestra (3ml) en un tubo de centrifuga y añadiendo metanol (6ml), colocando en la centrifuga Marca: Hettich Lab Technology™ a 4500rpm por 4 minutos, luego tomando 200µL de muestra o sobrenadante de lo centrifugado y colocados en matraces aforados de 10mL. Posteriormente se añade 4mL de agua destilada y 400µL de reactivo, homogenizando el contenido de los matraces y dejándolo reposar 8 minutos en oscuridad, transcurrido este tiempo, adicionaron a cada matraz 800 µL de la disolución de carbonato sódico al 7,5 % y llevaron a un volumen de 10 mL con agua destilada, homogenizaron los matraces y mantuvieron en oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas. Midieron la absorbancia a 760nm en el espectrofotómetro Marca WTW™ Espectrofotómetro photoLab™ 7600 UV-VIS. Para la curva patrón se toma como muestra la disolución patrón de ácido gálico.

Los resultados del método de Folin-Ciocalteu se obtuvieron en miligramos de ácido gálico por cada 100 mililitros de zumo de jaca (mg ácido gálico/100ml de zumo), este compuesto fenólico manifiesta Cheynier *et al.*, 2000 citado en (Guillou Calderon, 2012) pertenece a los ácidos benzoicos y se encuentra en forma de éster de flavanol, Leighton y Urquiaga, 1999 citado en (Guillou Calderon, 2012) lo destacan por su actividad antioxidante, antimutagénica y hepatoprotectora.

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)



**Figura 2:** Curva de Calibración de Compuestos Fenólicos.

**Figura 3:** Concentración de Ácido Gálico

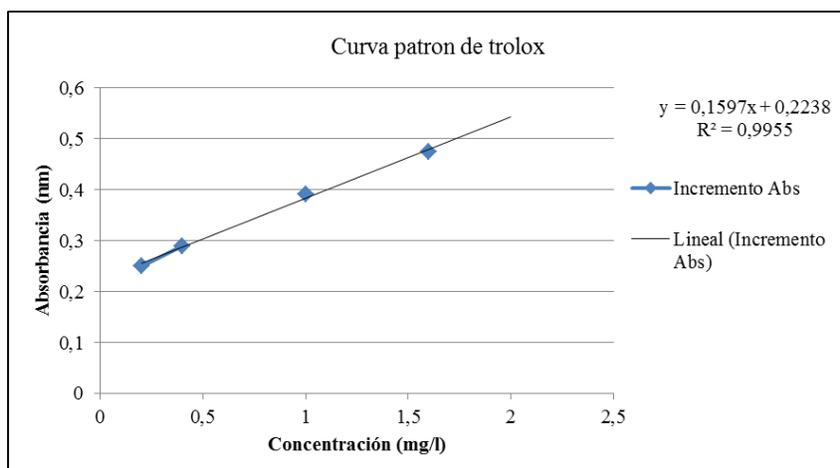
Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido gálico					
	0	2	4	6	8	10
Ácido gálico (mL)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Agua (mL)	10	9,8	9,6	9,4	9,2	9

### Capacidad antioxidante

Determinada por (Re et al., 1999) y descrita por (Pérez Jiménez, 2007) el método 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfónico (ABTS), para la elaboración del radical se realizó por la reacción de 0,0360234 gr de ABTS en 10ml de agua destilada y 0,06622889 gr de persulfato de potasio en 100ml de agua destilada en partes iguales (20ml) dejando reposar a 20°C por 16 horas en completa oscuridad. Una vez transcurrido el tiempo, a la solución obtenida de ABTS se la diluye con Etanol al 95% para tener una absorbancia de 0,70 a 734 nm. Para la preparación de la muestra se tomó 3ml en un tubo de centrifuga y añadió etanol (6ml), colocando en la centrifuga Marca: Hettich Lab Technology™ a 4500rpm por 4 minutos. Una vez obtenida la absorbancia deseada se coloca 180µL y 20µL de la muestra en el cartucho del espectrofotómetro Marca WTW™ Espectrofotómetro photoLab™ 7600 UV-VIS, se procede tomar 2 medidas de absorbancia, la primera al minuto 6 y la

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

segunda al minuto 20. Para crear la curva de calibración se realiza tomando como muestra patrón el reactivo Trolox.



**Figura 4:** Curva de Calibración de Capacidad Antioxidante.

**Figura 5:** Concentración de Trolox.

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de Trolox				
	0	2	4	6	8
Trolox (mL)	0	0,2	0,4	1	1,6
Agua (mL)	10	9,8	9,6	9	8,4

### Diseño experimental

Para evaluar la estabilidad del contenido de polifenoles presentes en la fruta jaca durante su procesamiento a vino, se consideró las principales operaciones, por lo cual se tuvo un DCA (Diseño Completamente al Azar) unifactorial. En la tabla 1 se describen de mejor manera el diseño empleado.

**Figura 6:** Tratamientos experimentales.

<b>Diseño experimental</b>	Diseño completamente al Azar (DCA) Unifactorial
<b>Número de tratamientos</b>	7
<b>Número de repeticiones</b>	3
<b>Factor</b>	Operación

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Niveles	Extracción de pulpa	Mosto	Fermentación primaria	Fermentación secundaria	Pasteurización	Clarificación	Maduración
<b>Tratamientos</b>	1	2	3	4	5	6	7

### Análisis estadístico

Se desarrolló a través del programa estadístico Infostat (versión libre, 2017), realizando el análisis de varianza (anova) y prueba de Duncan (nivel de confianza 95%) para establecer diferencia significativa entre tratamientos.

### Resultados

#### Caracterización fisicoquímica de la fruta y pulpa

Según la norma NTE (INEN, 1990) (primera revisión), aplicada a frutas frescas, definiciones y clasificación se puede afirmar que la Jaca (*A. heterophyllus*) presenta las condiciones apropiadas para su cosecha, el grado de calidad se valoró tomando como observación al conjunto de características organolépticas y físicas (tamaño, estado o condición, pureza, forma, aroma, textura, color y otros) constatando que se encontraban en un grado de madurez, se realizó el calibrado de la fruta tomando como referencia el peso y diámetro ecuatorial, resultados que se muestran en la tabla # 02.

**Figura 7:** Caracterización de la fruta.

Descripción	Resultados
Peso	6,08kg
Diámetro	64cm
Alto	27,5cm
Color	Amarillo verdoso
Textura	Suave al tacto, recupera su forma al presionar
Olor	Característico de la fruta
° Brix	9°Brix pulpa blanca, 22,9°Brix pulpa amarilla

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

pH	6
----	---

### Seguimiento de grados Brix y pH durante el proceso de obtención del vino de Jaca

Los grados brix fueron registrados cada 24 horas desde la obtención y corrección del mosto hasta la bebida final; en su inicio de la etapa de maduración, para ello se empleó un refractómetro rango de medición de azúcar de 0-32% y compensación automática de temperatura (ATC) de 10 °C a 30 °C (50 °F a 86 °F), las muestras fueron tomadas por triplicado de cada una de las réplicas obteniendo los siguientes resultados. la composición próxima de las pulpas de jackfruit está influenciada tanto por el tipo como por el lugar.(Goswami et al., 2011)

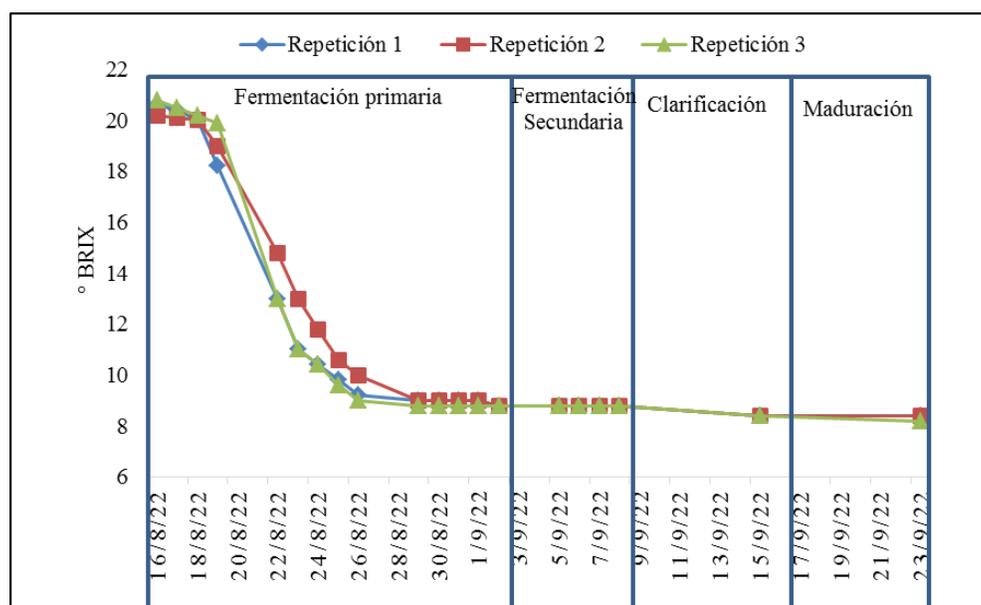


Figura 8: Registro de °Brix.

En el gráfico 4 se puede observar cómo los azúcares encontrados en el mosto con un inicio de 20.6, 20.2, 20.8, para R1, R2 y R3 correspondientemente, se puede observar que durante los primeros 3 días (72 horas) de fermentación tienen un descenso lento pero gradual de los °Brix ( $0.5 \pm 0.2$ ) para las tres replicas, al siguiente muestreo se observa un descenso mayor de los azúcares con un promedio de  $2 \pm 0.6$ , manteniendo esta caída de °Brix hasta los 6 días (144 horas), posterior a ello se mantiene un descenso de °Brix de  $1 \pm 0.2$  hasta el día 14 (336 horas) donde se inició la

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

fermentación secundaria; en la cual no hubo descenso de °Brix, desde la clarificación, pasteurización hasta el inicio de la maduración el descenso de °Brix fue de  $0.2 \pm 0.2$ .

El seguimiento de los °Brix están asociados a las fases de fermentación como se pudo observar en los resultados al inicio de esta es muy bajo el descenso de azúcares debido a la adaptación del inóculo iniciador en el cual la *Sacharomyces cerevisiae* debe adaptarse al medio, posterior a ello la velocidad de la reacción aumenta mostrando mayor descenso de los azúcares, vinculado este efecto a la fase exponencial del crecimiento microbiano, esta disminución en los °Brix se debe a la transformación de azúcares solubles a etanol y CO<sub>2</sub> descrito por (Sinergia, 2006) citado en (Lucero, 2015). (Sepúlveda, 2009) citado en (Lucero, 2015) explica que las levaduras son las responsables de dicha transformación, conocida como fermentación alcohólica, es una etapa crucial en la elaboración de vinos. Posterior a ello la disminución de azúcares conlleva a una baja cantidad de nutrientes lo cual hace que parte de las levaduras que aún permanecen en el proceso se mantengan estables en número debido a la relación que existe entre crecimiento y muerte por agotamiento.

Los niveles de pH también fueron registrados cada 24 horas durante el desarrollo de la investigación en el proceso de elaboración del vino; mediante el uso de tiritas medidoras de pH Royal Brinkman, las muestras fueron tomadas por triplicado de cada una de las etapas, obteniendo los siguientes resultados.

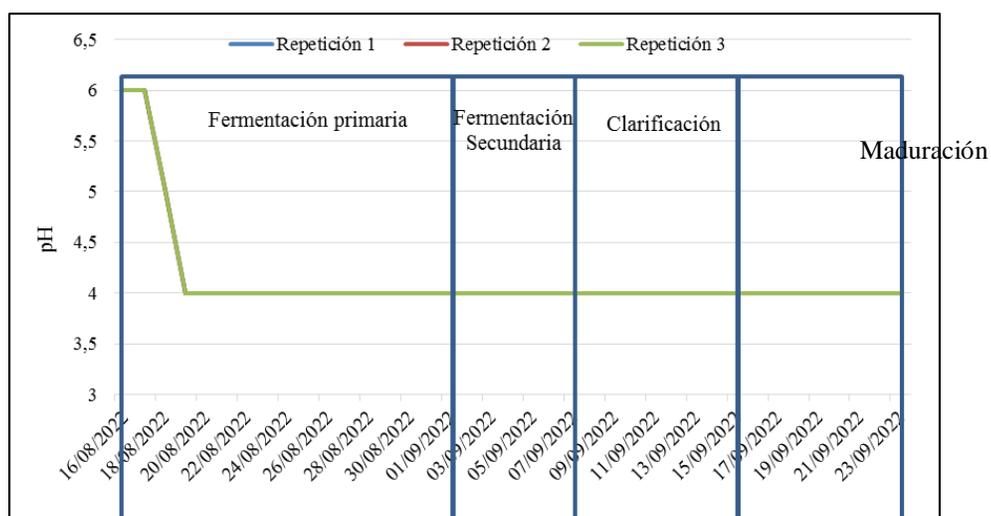


Figura 9: Registro de pH.

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

En el gráfico 5 correspondiente al seguimiento de pH se observa en los primeros 2 días (48 horas) un descenso gradual lento de pH para las tres réplicas, llegando un pH de 4, desde el día 4 (96 horas) hasta la finalización del proceso se mantiene estable este valor de pH.

Estos valores varían muy poco con los obtenidos por (Zurita Haro & MaldonadoCabrera, 2021) en su investigación de micro fermentación de jugo de Jaca obtiene un pH entre 4.73 y 5.18 durante su primer día de fermentación y termina al séptimo día con un valor de pH 3.39 y 3.82, considerando que en su estudio utilizó potenciómetro en lugar de tiritas medidoras de pH, normalmente en los procesos de fermentación de vinos indistintamente de las frutas el pH es un factor determinante durante este proceso ya que las levaduras en su gran mayoría soportan un rango de pH entre 3 y 10, resultando favorable un medio levemente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5; en los resultados obtenidos en la presente investigación el pH fue de 4 lo cual deja entre ver que se encuentra en un pH óptimo para que se desarrollen los microorganismos fermentadores como es la levadura (Leal Granadillo et al., 2014) , a diferencia de otros microorganismos como bacterias que se desarrollan mejor en un ambiente con tendencia a alcalinidad, lo que es aprovechado en los procesos industriales para mantener el medio controlado de bacterias que puedan competir por el sustrato (Suárez-Machín, 2016), los resultados obtenidos en este proyecto son equivalentes a los obtenidos por (Porras López, 2022) en vino de jaca que fueron de 4 a 5.5 pH ligeramente ácido.

### Compuestos fenólicos

Las 3 réplicas en estudio fueron muestreadas para evaluar en cada una de las etapas de elaboración del vino de Jaca para registrar la variabilidad de los compuestos fenólicos, iniciando con un valor de 0,80mg/100ml en la pulpa antes de iniciar la fermentación y terminando la fermentación con un total de 1,37mg/100ml al inicio de la etapa de maduración.

**Figura 10:** Resultados estadísticos de Compuestos Fenólicos.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
mg Ac. gálico/100 ml	21	0,64		0,48	32,61
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,30	6	0,22	4,08	0,0141

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Tratamientos	1,30	6	0,22	4,08	0,0141
Error	0,75	14	0,05		
<b>Total</b>	<b>2,05</b>	<b>20</b>			
<b>Test: Duncan Alfa=0,05</b>					
<i>Error: 0,0533 gl: 14</i>					
Tratamientos	Medias	n	E. E.		
7 (maduración)	1,08	3	0,13	A	
3 (fermentación primaria)	1,00	3	0,13	A B	
1 (pulpa)	0,80	3	0,13	A B C	
2 (mosto)	0,65	3	0,13	A B C	
6 (clarificación)	0,62	3	0,13	B C	
4 (fermentación secundaria)	0,43	3	0,13	C	
5 (pasteurización)	0,37	3	0,13	C	
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0,05</math>)</i>					

En la tabla 5 se presenta los resultados obtenidos en los análisis de compuestos fenólicos durante las distintas etapas de elaboración del vino, el análisis estadístico muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p > 0,05$ ) con una varianza de 32,61, es evidente las variaciones que los fenoles sufren a lo largo del proceso de elaboración de vino encontrando que el proceso de maduración es estadísticamente diferente al resto de las etapas con un mayor contenido de compuestos fenólicos 1,08mg/100ml, mientras que en el proceso de fermentación secundaria y pasteurización se dan los valores más bajos de fenoles 0,43 mg/100ml y 0,37mg/100ml respectivamente.

El contenido de Polifenoles Totales obtenido por (Ramos Becerra & Udeo Tagua, 2019) en un extracto metanólico elaborado con Pulpa de jaca fue de 0.5%, difiriendo de los valores obtenidos en la presente investigación, siendo el proceso de vinificación más largo y considerando que la composición de las pulpas de jackfruit está influenciada tanto por el tipo como por el lugar.(Goswami et al., 2011)

La temperatura de fermentación influye directamente en las cantidades de compuestos fenólicos de los vinos, Abril *et al.* (2007) citado en (Guillou Calderon, 2012) comprobó que cuando la fermentación se desarrolla a baja temperatura la extracción de los compuestos fenólicos de la uva es

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

más lenta, y el contenido final de los vinos es ligeramente menor que cuando este proceso se hace a mayor temperatura

Durante el proceso de clarificación también se afecta la calidad del vino. (Llañez Bustamante et al., 2014) describió que los agentes clarificantes como polivinilpirrolidona (PVPP), gelatina, o bentonita reducen los niveles de los compuestos fenólicos, alteran el color y las características sensoriales de los vinos tintos, asimismo describe que la gelatina tiene muy poca influencia en los vinos jóvenes, difiriendo con los resultados de este proyecto en el cual la muestra se tomó 6 días después de clarificar el vino mostrando un ligero incremento del contenido de polifenoles en comparación con los resultados obtenidos en la pasteurización.

Durante la maduración del vino de jaca los polifenoles totales incrementaron concordando con los resultados obtenidos por (Ocaña Albán, 2012) realizados durante la maduración del vino de mora, fruta que pertenece a la misma familia de la jaca (*A. heterophyllus*), con valores que van desde 18 y durante la maduración suben hasta 45, siendo una característica de las frutas con gran cantidad de compuestos fenólicos, este incremento en su etapa de maduración.

### Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se evaluó antes, durante y al finalizar el proceso de vinificación mediante el método de ABTS

**Figura 11:** Resultados estadísticos de Capacidad Antioxidante.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Capacidad antioxidante	21	0,25		0,00	16,68
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	97,08	6	16,18	0,77	0,6093
Tratamientos	97,08	6	16,18	0,77	0,6093
Error	296,11	14	21,15		
Total	292,19	20			
<b>Test: Duncan Alfa=0,05</b>					
<i>Error: 21,1506 gl: 14</i>					

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Tratamientos	Medias	n	E. E.		
1 (pulpa)	32,44	3	2,66	A	
2 (mosto)	27,67	3	2,66	A	
5 (pasteurización)	27,59	3	2,66	A	
3 (fermentación primaria)	27,37	3	2,66	A	
6 (clarificación)	26,77	3	2,66	A	
7 (maduración)	25,73	3	2,66	A	
4 (fermentación secundaria)	25,43	3	2,66	A	
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0,05</math>)</i>					

La tabla 6 representa, los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante durante el proceso de elaboración del vino de jaca siendo el valor inicial de 32,44mg/100ml en la pulpa y 27,67mg/100ml en el mosto, durante las fermentaciones primaria y secundaria se vio una variación siendo 27,37mg/100ml y 25,43mg/100ml respectivamente, incrementando ligeramente en la etapa de pasteurización 27,59mg/100ml, descendiendo una vez más después de la clarificación 26,77mg/100ml y terminando al final de la maduración con 25,73mg/100ml.

La tabla 2 presenta los resultados obtenidos en los análisis para determinar la capacidad antioxidante en las distintas etapas de elaboración del vino, los resultados no muestran diferencia significativa entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ) con una varianza de 16,6, es evidente que la capacidad antioxidante del vino de jaca disminuye de 32,44 presente en la pulpa hasta la fermentación secundaria donde se da el valor más bajo 25,43, aumentando ligeramente en la fase de maduración del vino 25,73.

Estos valores demuestran que en comparación con otras formas de extraer licor de esta fruta la capacidad antioxidante en este proyecto es menor a los valores obtenidos por (Ramos Becerra & Udeo Tagua, 2019) en la elaboración de un extracto acuoso y metanólico de pulpa de jaca ecuatoriana en el que reportan como resultado final 374,24mg/100g, y 625 mg/100g demostrando que la pulpa de jaca pierde capacidad antioxidante a medida que aumenta los compuestos fenólicos en la elaboración del vino.

En el estudio hecho por (Ocaña Albán, 2012) en vino de mora con distintas concentraciones de fruta, la capacidad antioxidante del vino de mora es menor en los vinos con más baja cantidad de fruta ya que si mayor es la cantidad de mora en los vinos la capacidad antioxidante aumenta.

## Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

En vinos, los principales compuestos fenólicos son ácido cafeico, epicatequina, catequina, ácido gálico, resveratrol, entre otros, Frankel et al., 1995 citado en (Avalos Llano et al., 2003). Estos fenoles, aparte de contribuir a las características organolépticas del vino, poseen en mayor o en menor grado propiedades antioxidantes (Avalos Llano et al., 2003),

Compuestos fenólicos como la quercetina, el resveratrol o la catequina son potentes antioxidantes que previenen el daño provocado por numerosas enfermedades como cáncer, asma, alergias, osteoporosis, diabetes tipo 2, artritis y enfermedades cardiovasculares, la presencia en el vino de polifenoles como antocianos, catequinas, proantocianidinas, taninos condensados y estilbenos proporcionan al vino su poder antiinflamatorio (Angel-Morales, Noratto, & Mertens-Talcott, 2012) citado en (Benítez Cruz Guillermo, 2014) por lo que la capacidad antioxidante de un vino depende del tipo de compuestos fenólicos que presente.

Los valores de actividad antioxidante de los vinos de uva fueron expresados por Avalos et al. (2003) en mg de ácido gálico equivalentes/100ml de vino, valores de 38.4 a 77.8 para los vinos tintos, entre 12.2 y 25.74 para los rosados y 3.80 a 9,96 para los blancos, en base a esto Vinson y Hontz (1995) y Frankel et al. (1995) citados en Avalos Llano et al. (2003) establecieron una correlación directa entre los polifenoles totales y la actividad antioxidante de los vinos de uva.

### Conclusión

Las distintas etapas de elaboración del vino de Jaca influyen estadísticamente en la cantidad de compuestos fenólicos, destacándose el tratamiento 7 (maduración) como aquella etapa en donde se presenta un valor superior (1.08mg/100ml).

La capacidad antioxidante no se vio afectada por las diferentes etapas de elaboración del vino, no obstante, se logró determinar que la pulpa de jaca pierde capacidad antioxidante a medida que aumenta los compuestos fenólicos en la elaboración del vino.

### Referencias

1. Avalos Llano, K. R., Sgroppo, S. C., & Avanza, J. R. (2003). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO EN FENOLES TOTALES EN VINOS DE ORIGEN NACIONAL. FACENA, 19.

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

2. Benítez Cruz Guillermo, G. de L. D. M. A. M. (2014). ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS POLIFENOLES DEL VINO Y SUS APLICACIONES BIOLÓGICO-PREVENTIVAS.
3. Cantillo Zacarías, J. C., García-Mateos, R., Esparza-Torres, F., Martínez-Damián, T., & Hernández-Ramos, L. (2021). Calidad nutricional y antioxidante del fruto de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Current Topics in Agronomic Science*, 1(1). <https://doi.org/10.5154/r.ctas.2021.06.17a>
4. Carrasco, Y. (2010). Elaboración y evaluación nutritiva de la harina de fruto de jaca (*Artocarpus altilis*) obtenida por proceso de deshidratación. Chimborazo: Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
5. Delgado Cedeño, L. B., & Reyes Noriega, J. C. (2015). OBTENCIÓN DE HARINA DE LAS SEMILLAS DE JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS* LAM) Y SU APLICACIÓN COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO EN PASTELERÍA DE BAJO PODER CALÓRICO. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12701>.
6. Eid, P., & Recalde, L. (2014). Estudio de obtención de pulpa y jugo de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) a partir del mesocarpio en el cantón Pedro Vicente Maldonado provincia de Pichincha. Ecuador: Universidad de Las Américas.
7. Emerson, H. S., & Maritza, G. H. (2021). Evaluación de bioactivos en distintos estados de madurez de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y caracterización fisicoquímica de la pulpa madura. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7029>
8. Fang, S. C., Hsu, C. L., & Yen, G. C. (2008). Anti-inflammatory effects of phenolic compounds isolated from the fruits of *Artocarpus heterophyllus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4463-4468. <https://doi.org/10.1021/jf800444g>
9. Goswami, C., Hossain, A., Kader, H., & Islam, R. (2011). Assessment of Physicochemical Properties of Jackfruits' (*Artocarpus heterophyllus* Lam) Pulps. En *Forestry and Biotechnology* (Vol. 15, Issue 3, pp. 26-31). [https://www.usab-tm.ro/Journal-HFB/engleza/2011/2011%203%204/Lista%20lucrari\\_2011%20PDF/JHFB\\_15\(3\)\\_PDF/5Goswami\\_Bangladesh.pdf](https://www.usab-tm.ro/Journal-HFB/engleza/2011/2011%203%204/Lista%20lucrari_2011%20PDF/JHFB_15(3)_PDF/5Goswami_Bangladesh.pdf)

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

10. Guillou Calderon, nathalie estefania. (2012). MECANISMOS Y EFECTOS ASOCIADOS A PROCESOS DE OXIDACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN VINOS. UNIVERSIDAD DE CHILE.
11. Guiñazú, R. H., Quini, C. I., Marianetti, A., Murgo, C. M., & Rivero, M. G. (2010). Elaboración de vino casero.
12. INEN. (1990). Fruta Fresca. INEN 1756.
13. Jiménez Ochoa, J. P., Otálora Palmezano, E., & Amorocho-Cruz, C. M. (2018). Evaluación de la fermentación alcohólica del mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*). Ingeniería y Región, 20, 2-8. <https://doi.org/10.25054/22161325.1911>
14. Khan, A. U., Ema, I. J., Faruk, Md. R., Tarapder, S. A., Khan, A. U., Noreen, S., & Adnan, M. (2021). Review on Importance of *Artocarpus heterophyllus* L. (Jackfruit). Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science, 1(2), 106-116. <https://doi.org/10.47352/jmans.v1i2.88>
15. Kumoro, A. C., Sari, D. R., Pinandita, A. P. P., Retnowati, D. S., & Budiayati, C. S. (2012). Preparation of Wine from Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lam) Juice Using Baker yeast: Effect of Yeast and Initial Sugar Concentrations. World Applied Sciences Journal, 16(9), 1262-1268.
16. Leal Granadillo, I., Tarantino Rodríguez, G., Motzezak, R. H., & Guillén, H. M. (2014). Efecto de la temperatura y el pH en la fermentación del mosto de Agave cocui. MULTICIENCIAS, 14, 375-381.
17. Llañez Bustamante, S., Mejía Domínguez, C., Palacios Rodríguez, B., Velásquez Gamarra, J., & Alor Herbozo, I. (2014). COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE LOS VINOS TINTO QUE SE ELABORAN EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA, HUACHO. BIG BANG FAUSTINIANO, 3. [www.logicaecologica.es](http://www.logicaecologica.es)
18. LÓPEZ, Á. D. (2017). Caracterización de harina y almidón de semillas del *artocarpus heterophyllus*.
19. Lucero, P. D. (2015). Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel.
20. Martínez García, E., López Fuentes, A., & Fernández Segovia, I. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu Apellidos, nombre.

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

21. Martínez García Eva, López Fuentes Ana, & Fernandez Segovia Isabel. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu Apellidos, nombre.
22. MERA VILLEGAS, J. V., MENDOZA, M., & BELÉN, M. (2018). OBTENIDO DE REPOSITORIO UG: [HTTP://REPOSITORIO.UG.EDU.EC/BITSTREAM/REDUG/28405/1/BCIEQT0268%20MERA%20VILLEGAS%20JESSICA%20VICTORIA%3B%20MURICLLO%20MENDOZA%20MAR%20C3%20ADA%20BEL%20C3%A9N.PDF](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28405/1/BCIEQT0268%20MERA%20VILLEGAS%20JESSICA%20VICTORIA%3B%20MURICLLO%20MENDOZA%20MAR%20C3%20ADA%20BEL%20C3%A9N.PDF)
23. Ocaña Albán, I. . (2012). ESTUDIO DEL VINO DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth) ELABORADO A TRES PROPORCIONES DISTINTAS DE FRUTA: AGUA Y TRES NIVELES DE DULZOR. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
24. Ortiz Aguirre, A. N & Acuña García, J. H. (2022). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ETANOLICO DE LA YACA (*Artocarpus heterophyllus*). [Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/58496/1/BCIEQ-T-200666%20Ortiz%20Aguirre%20Amy%20Noelia%3b%20Acu%20C3%B1a%20Garc%20C3%20ADa%20Jos%20C3%A9%20Hip%20C3%B3lito.pdf>
25. Pérez Jiménez, J. (2007). METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE INGREDIENTES FUNCIONALES ANTIOXIDANTES. Efecto de Fibra Antioxidante de Uva en status antioxidante y parámetros de riesgo cardiovascular en humanos [Universidad Autónoma de Madrid.]. <http://hdl.handle.net/10486/1671>
26. Porras López, K. C. (2022). Análisis comparativo del destilado obtenido a partir de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) utilizando dos diferentes endulzantes a diversas concentraciones de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
27. Ramos Becerra, E. D., & Udeo Tagua, A. M. (2019). Polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto acuoso y metanólico de la pulpa de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) [Universidad de Guayaquil ]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/43778>

Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

---

28. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Original Contribution ANTIOXIDANT ACTIVITY APPLYING AN IMPROVED ABTS RADICAL CATION DECOLORIZATION ASSAY.
29. Simba, M. (2014). Caracterización físico-química del jackfruit y propuestas de dos alternativas para el procesamiento. Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
30. Suárez-Machín, C. G.-C. N. A. G.-R. C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. Enero-Abril. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>.
31. Tapia, S., & Uribe, Q. (2016). Diagnóstico y generación de tecnología para el manejo fitosanitario sustentable del cultivo de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en México. México: Sagarpa.
32. Zurita Haro, M. D., & Maldonado Cabrera, E. V. (2021). Elaboración de una bebida alcohólica a partir del jugo de yaca ecuatoriana (*Artocarpus heterophyllus*) [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25079>