UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Influencia del *Dutty Cycle* de la extracción asistida por ultrasonido en el añejamiento del aguardiente de caña"

AUTOR(ES):

Doménica Valeria Sarmiento Angulo

Daniel Fernando Shiguango Bargas

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Amaury Pérez Martínez, PhD

Puyo - Pastaza – Ecuador
2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	EL TITULO CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	EL RESUMEN RESPONDE A LAS EXIGENCIAS DE ESTE APARTADO
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	SE ENTREGA INFORMACIÓN PERTINENTE Y RELEVANTE
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	EL MARCO TEÓRICO ES COHERENTE CON EL OBJETIVO Y ENTREGA CONCEPTOS ACORDES AL TEMA DE INVESTIGACIÓN
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.0 / 15	LA METODOLOGÍA ES CLARA SIN EMBARGO HAY UN ERROR EN LA DENOMINACIÓN DEL DISEÑO AL PONER UN DISEÑO FACTORIAL 22, Y NO ARREGLO FACTORIAL 2X2 o DOS AL CUADRADO

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	LOS RESULTADOS SON CLAROS Y PERTINENTES
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	LA CONCLUSIÓN ESTA ACORDE CON EL OBJETIVO PLANTEADO Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	LAS REFERENCIAS ESTÁN EN EL FORMATO RECOMENDADO
VALORACIÓN TOTAL	99	NOVENTA Y NUEVE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	99

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICENTE FABRICIO DOMINGUEZ NARVAEZ

VICENTE FABRICIO DOMÍNGUEZ NARVÁEZ (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 08 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	4.0 / 5	No especifica lo que van a extraer
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	4.0 / 5	Los signos de puntuación no ayudan para una lectura comprensiva
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	17.0 / 20	No fundamenta el dutty cycle No describe la relevancia del tema No es claro el problema
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	13.0 / 15	No hay suficiente claridad en el procesamiento de información No plantea con claridad los criterios de análisis

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	7.0 / 10	No son claras
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	90	NOVENTA

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO CERDA MEJIA

VÍCTOR RODRIGO CERDA MEJÍA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por:
AMAURY PEREZ

Document Information

Analyzed document	SHIGUANGO-SARMIENTO-AÑEJAMIENTORON-RV-APM-15082023.docx (D172852660)
Submitted	8/16/2023 2:43:00 AM
Submitted by	
Submitter email	fernando.d96@hotmail.com
Similarity	4%
Analysis address	amperez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Aguardiente2 (7).docx** 4
Document Aguardiente2 (7).docx (D62173961)
Submitted by: agi2015001@uea.edu.ec
Receiver: pmaerez.uea@analysis.urkund.com

W URL: https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/898/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%2... 3
Fetched: 8/16/2023 2:43:00 AM

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PROYECTO AGUARDIENTE AÑEJADO POR ULTRASONIDO.RV knd.docx** 1
Document PROYECTO AGUARDIENTE AÑEJADO POR ULTRASONIDO.RV knd.docx (D54394402)
Submitted by: gracev.quevedo@hotmail.com
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / proyecto Aguardiente urkund.docx** 1
Document proyecto Aguardiente urkund.docx (D54480831)
Submitted by: gracev.quevedo@hotmail.com
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com

SA **Rodríguez N_Tesis de grado.pdf** 3
Document Rodríguez N_Tesis de grado.pdf (D146832120)

W URL: https://doi.org/10.26461/23.06 1
Fetched: 8/16/2023 2:43:00 AM

Entire Document

"Determinación de la influencia del Dutty Cycle en la extracción asistida por ultrasonido para el añejamiento del aguardiente de caña" "Determination of the influence of the Dutty Cycle in the ultrasound-assisted extraction for the aging of sugar cane spirit"

Domenica Sarmiento1 dv.sarmientoa@uea.edu.ec
Daniel Shiguango1 autor2@uea.edu.ec
Amaury Perez, M.Sc2 autor3@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [nombre de la Facultad], Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)

"Influencia del *Dutty Cycle* de la extracción asistida por ultrasonido en el añejamiento del aguardiente de caña"

"Influence of the *Dutty Cycle* of ultrasound-assisted extraction on the aging of cane spirit"

Doménica Sarmiento Angulo[1]
dv.sarmientoa@uea.edu.ec

Daniel Shiguango Bargas[1]
Agi2017117@uea.edu.ec

Amaury Pérez Martínez, Ph.D.[1]
amperez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera Agroindustria (1)

Resumen

Esta investigación consistió en determinar la influencia del *Dutty Cycle* de la extracción asistida por ultrasonido en el añejamiento del aguardiente de caña, por lo que se utilizó el equipo de ultrasonido a una potencia de 110W y una frecuencia de 40 Hz, en el procedimiento se tomó 6 g de roble blanco se puso en una funda de tela y se introdujo en el cilindro de vidrio, se midió 500mL de aguardiente en un vaso precipitado y se colocó en un recipiente de capacidad (1L) con tapa, esta tapa contenía tres agujeros, el primero para la entrada del flujo, el segundo para la salida del mismo y el tercero para la obtención de la muestra. Para la recirculación se empleó una bomba con caudal de 50 L/min la cual se debe mantener encendida recirculando constantemente el aguardiente añejado, esto ayuda a extraer los compuestos deseados de la madera, como taninos, ligninas y lactonas; cuando el *Dutty Cycle* está en *On* el ultrasonido está activo provocando la ruptura de la pared celular y se liberan componentes bioactivos y en Off es el reposo del aguardiente añejado, realizando un total de 8 ciclos por día tomando una muestra de 5 ml cada dos ciclos, con esto se evidencio el comportamiento de los polifenoles en el ciclo 8 de las 22 corridas experimentales equivalentes a 22 días laborables, a diferentes temperaturas (50°C y 55°C) obteniendo gran diferencia en el ITP (Índice total de polifenoles). El *Dutty Cycle* como factor no influye en el incremento de polifenoles, pero al interactuar con la temperatura va a tener un efecto negativo, además de la existencia de una relación entre el contenido de

polifenoles y el color.

Palabras Clave: *Dutty Cycle, Polifenoles, Ultrasonido, Absorbancia*

Abstract

This research consisted of determining the influence of the Dutty Cycle of the ultrasound assisted extraction in the aging of cane brandy, so the ultrasound equipment was used at a power of 110W and a frequency of 40 Hz, in the procedure took 6 g of white oak was put in a cloth sheath and introduced into the glass cylinder, 500mL of brandy was measured in a beaker and placed in a container of capacity (1L) with a lid, this lid contained three holes, the first one for the entrance of the flow, the second one for the exit of the flow and the third one for obtaining the sample. For recirculation, a pump with a flow rate of 50 L/min was used, which must be kept on, constantly recirculating the aged brandy, this helps to extract the desired compounds from the wood, such as tannins, lignins and lactones; When the Dutty Cycle is On, the ultrasound is active causing the rupture of the cell wall and bioactive components are released, and Off is the rest of the aged brandy, performing a total of 8 cycles per day taking a sample of 5 ml every two cycles, with this the behavior of the polyphenols was evidenced in cycle 8 of the 22 experimental runs equivalent to 22 working days, at different temperatures (50°C and 55°C) obtaining a great difference in the ITP (Total Polyphenol Index). The Dutty Cycle as a factor does not influence the increase of polyphenols, but when interacting with temperature it will have a negative effect, in addition to the existence of a relationship between polyphenol content and color.

Keywords: Dutty Cycle, Polyphenols, Ultrasound, Absorbance, Absorbance

1.INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores buscan experiencias sensoriales enriquecedoras y complejas, las bebidas añejadas, como el whisky, el ron y el brandy, han emergido como exponentes de artesanía y maestría en el ámbito profesional. Por ende, la producción de las bebidas alcohólicas es de alta demanda (López-Naranjo et al., 2013).

En el panorama global, estas bebidas alcohólicas añejadas han mantenido un lugar significativo en el mercado de licores añejados. Según Ritchie and Roser (2018), el consumo promedio mundial de alcohol puro en 2017 fue de 6.2 litros por persona. Europa registró el

mayor consumo con 9.7 litros per cápita, seguido por Norteamérica con 8.4 litros y América Central/Sur con 7.2 litros. Rusia, Argentina y Nigeria tuvieron los mayores consumos en sus regiones con 15.1, 9.3 y 10.1 litros respectivamente. En contraparte, si bien en Ecuador el consumo de bebidas añejadas se encuentra en un nivel inferior en comparación con otras opciones alcohólicas, como la cerveza y los destilados no añejados, se ha observado un aumento gradual en la valoración de licores añejados. El consumo de licores añejados representa alrededor de 4,2 litros de alcohol puro per cápita por año (Pilco Guadalupe et al., 2020).

El añejamiento de bebidas alcohólicas es un proceso que busca otorgar cualidades sensoriales distintivas al destilado a través de reacciones físicas y químicas que tienen lugar durante el almacenamiento prolongado en contacto con madera (Anaya-Villalpanda & Rodríguez-Fuentes, 2012). Tradicionalmente, este proceso se ha llevado a cabo colocando el destilado en barricas de madera por meses o años. Durante este tiempo, los compuestos fenólicos y otros extraíbles de la madera migran lentamente al destilado, aportando aromas y sabores más complejos González et al., (2006). Otras técnicas empleadas incluyen el uso de virutas o astillas de madera, la adición de extractos de madera y la aplicación de calor o presurización. Sin embargo, los métodos tradicionales resultan costosos y muy lentos.

En años recientes se han propuesto métodos alternativos para acelerar el proceso de añejamiento, entre ellos el uso de ultrasonido de potencia. Esta tecnología se basa en la aplicación de ondas ultrasónicas de alta frecuencia que generan cavidades microscópicas en el líquido, mejorando la extracción de compuestos de interés desde la madera (Galeazzi et al., 2022).

Entre las ventajas del ultrasonido para el añejamiento se encuentran disminución del tiempo que demora en alcanzar las características físico-químicas, y reducción de los elevados costos de producción., eficiencia energética y el mayor control del proceso. No obstante, la influencia de parámetros ultrasónicos como la potencia y el ciclo de trabajo en la extracción de polifenoles y otras sustancias durante el añejamiento acelerado no se conoce en profundidad (Chang, 2005).

La evaluación de la influencia del *Dutty Cycle* en la extracción asistida por ultrasonido para el añejamiento del aguardiente de caña. Esta técnica implica la aplicación intermitente

de ultrasonido en diferentes intensidades, presenta la posibilidad de optimizar el proceso de añejamiento al lograr un equilibrio entre la eficiencia de la extracción y la preservación de las cualidades sensoriales deseadas del aguardiente (Abreu Naranjo et al., 2022). La necesidad de comprender a fondo cómo el *Dutty Cycle* influye en la extracción de compuestos relevantes para el añejamiento, como los polifenoles y el color, con el objetivo de perfeccionar la técnica y conocer que factores ayudan en el proceso de añejamiento acelerado mediante el uso del ultrasonido (Taloumi & Makris, 2017).

La investigación en torno a la extracción asistida por ultrasonido ha dirigido su atención a múltiples parámetros que ejercen un impacto en el proceso de añejamiento. La frecuencia y la intensidad de las ondas ultrasónicas, la duración de la exposición, la temperatura y otros factores influyen directamente en la eficacia y la calidad de la extracción (Bortoletto & Alcarde, 2013). Investigaciones previas han establecido que la manipulación precisa de estos parámetros puede incidir en la liberación de polifenoles y otros compuestos aromáticos (Aquino et al., 2006). Autores como Delgado-González et al. (2021) controlan el Índice de Fenol Total (ITP), la actividad antioxidante y el contenido fenólico. De ellos, el ITP es uno de los valores más analizados, como parámetro de seguimiento, para conocer aproximadamente cómo evoluciona el proceso de envejecimiento en cada momento. En cambio, Warren-Vega et al. (2021), cuantifica el color de los vinos y bebidas espirituosas, debido a que ha sido definido por la Organización de la Viña y el Vino (OIV) como una de las características visuales más importantes que nos aportan gran cantidad de información

El objetivo del trabajo es determinar la influencia del *Dutty Cycle* de la extracción asistida por ultrasonido para el añejamiento del aguardiente. Mediante un análisis de los parámetros físicos y químicos además la interacción con el contenido de polifenoles y el color.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Localización

Esta investigación se realizó en la Universidad Estatal Amazónica (Figura 1), ubicada en el Km 21/2 vía al Tena (Paso lateral), Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza, entre las coordenadas 1°10´ latitud sur y 78°10´ longitud oeste y 2° 35´ latitud sur y 76° 40´ longitud oeste.



Figura 1. Mapa ubicación lugar de estudio.

Fuente: Google Maps,2023

2.2 Tipo de investigación

La presente investigación fue descriptiva y experimental ya que se realizó una búsqueda y análisis de información, recopilación de datos sobre el añejamiento acelerado mediante el método del ultrasonido, además se construyó una estructura experimental a escala de laboratorio donde se llevó a cabo todo el proceso.

2.3 Materiales

En la presente investigación para el añejamiento acelerado se utilizó el aguardiente a una concentración del 50% v/v procedente de la destiladora "El señor de la noche" ubicada en la comunidad Mariscal (Santa Clara-Pastaza).

Se usaron reactivos de grado no alimenticio: agua destilada y metanol, y en el análisis de *Folin-Clocalteu,* se utilizó reactivo *Folin* y *carbonato de sodio*. Y de grado alimenticio los chips de madera usados fueron de roble blanco (*Quercus alba*) americano los cuales se obtuvieron en el mercado.

2.4 Preparación de la muestra

Se siguió el procedimiento descrito por Abreu Naranjo et al., (2022), se midió 500 mL de aguardiente en un vaso precipitado y se colocó en un recipiente con tapa, esta tapa contenía tres agujeros, el primero para la entrada del flujo, el segundo para la salida del mismo y el tercero para la obtención de la muestra.

En la figura 2 A y B se muestra la instalación experimental para el proceso de añejamiento del aguardiente de caña de la extracción asistida de ultrasonido. La figura 2 A muestra el

esquema de recirculación de este proceso que consta de una bomba de 50 L/min que se mantiene encendida durante todo el experimento y la figura 2 B muestra el equipo (cilindro de vidrio en el interior se puso una bolsa de tela con 6 g de roble blanco americano) donde ocurrió el proceso de extracción y se llevó a zonificación.

A B



Figura 2. Instalación experimental: A. Sistema de instalación experimental; B. Ultrasonido con el equipo de añejamiento.

Fuente: Elaborado por los autores

2.5 Añejamiento acelerado del aguardiente

Siguiendo la metodología planteada por Abreu Naranjo et al., (2022), se empezó con una temperatura de 50°C, después de 11 experimentos se subió la temperatura a 55°C y continuamos con 11 experimentos más, la frecuencia se mantiene constante 20% respectivamente, el experimento se realizó por 22 días partiendo con un tiempo en *On* de 10 min, y aumentando un minuto cada día hasta llegar al minuto 20, el tiempo *off* fue de 30 min el cual permaneció constante en todo el experimento. Para esto se utilizó un equipo de baño ultrasónico Branson 38000, serie CPXH, con 5,7 L de capacidad en el tanque, frecuencia de 40 Hz y potencia 110W. Se realizaron 8 ciclos por cada corrida experimental y se tomó una muestra de 5mL cada dos ciclos.

2.6 Caracterización de la materia prima y del producto

2.6.1 Determinación de los parámetros químico

Los parámetros químicos (pH, grado alcohólico, índice total de polifenoles) se determinaron siguiendo los siguientes pasos.

Determinación pH

Para determinar el pH el equipo que se utilizo fue un medidor de pH, primero se lavó con

agua destilada el sensor-electrodo y se secó, se tomó 25 mL de la muestra, se vertió en un vaso de precipitación y posteriormente se introdujo el sensor y se esperó 3 minutos para la obtención de la lectura que dio un resultado 4.5 (Abreu Naranjo et al.,2022).

Determinación del grado alcohólico

Se siguió lo establecido por Abreu Naranjo et al., (2022), se usó el método de alcoholímetro cuyo proceso de medición consistió en tomar 100 mL de la muestra, este se colocó en una probeta de 250 mL; se hizo un destilado y se esperó aproximadamente 1 hora luego de esto el alcohol procedente de la destilación se introdujo el alcoholímetro en la probeta con la muestra, manteniéndolo durante 10 minutos y transcurrido este tiempo se procedió a tomar la lectura.

Determinación del índice total de polifenoles

Se utilizó la metodología reportada por Abreu Naranjo et al., (2022), se tomó 150µL de muestra y se colocó en un recipiente ámbar, luego se agregó 2400 µL de agua desionizada, se añadió 150 µL del reactivo *Folin-Clocalteu* y se agitó por 2 min en un vortex, luego se agregó 300 µL de carbonato de sodio al 20 % y se dejó reposar por 2 h en la oscuridad. Finalmente, se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 765 nm contra un blanco que fue preparado con metanol. Se utilizó un espectrofotómetro ultravioleta visible marca PERKIN ELMER, modelo Lambda 25, serie 501S10101803. El contenido de polifenoles totales se calculó usando la curva de calibración del ácido gálico y los resultados se expresaron en (mg eq AG/L**)**.

2.6.2 Determinación de el parámetro físico

Determinación del color

Se usó lo planteado por Abreu Naranjo et al. (2022), se colocó 3 mL de muestra en las celdas de cuarzo de 1 mm de espesor y se introdujeron en un espectrofotómetro ultravioleta visible marca PERKIN ELMER, modelo Lambda 25, serie 501S10101803, para medir la absorbancia. La lectura de las muestras se realizó a 420, 520 y 620 nm.

Se conoce como ΔE o error delta o el ¨delta e¨. Donde la letra griega es usada en matemáticas para denotar diferencia y la ¨e¨ proviene del término alemán Empfindung o

Sensación, por lo que su traducción literal es la ¨diferencia de sensación¨ que percibimos al exponernos a dos colores. Habitualmente se escribe también como ΔE* donde el asterisco denota el uso de valores CIELAB para los cálculos (Abreu Naranjo et al.,2022).

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_2^* — L_1^*)^2 + (a_2^* — a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

Donde:

ΔE_{ab}: diferencia de color total; $(L_2^* — L_1^*)$: indica claridad u oscuridad; $(a_2^* — a_1^*)$: El eje a* refleja la variación rojo-verde, siendo positivo para el primero (+a*) y negativo para el segundo (-a*);$(b_2^* - b_1^*)$: el b* la variación amarillo-azul, siendo positivo para el primero (+b*) y negativo para el otro (-b*).

2.7. Diseño del experimento

En la tabla 1. se aplicó un diseño factorial 2^2con la finalidad de analizar el efecto del Dutty Cycle 10 min en On y 20 min On los cuales fueron los extremos del experimento y la temperatura con valores de 50 °C y 55 °C, en el ultrasonido sobre la variable de respuesta ITP y color Cielab (Abreu Naranjo et al.,2022).

Tabla 1. Corridas experimentales para diseño factorial

Corridas	Temperatura	*On-Off*
1	50	10-30
2	55	20-30
3	50	10-30
4	50	20-30
5	55	10-30
6	50	20-30
7	55	10-30
8	55	20-30
9	55	20-30
10	55	10-30
11	50	20-30
12	50	10-30

Fuente: Elaborado por los autores

Como se observa en la tabla 2. El efecto de temperatura y Dutty Cycle en el ultrasonido se analiza la variable de respuesta ITP y color Cielab (Abreu Naranjo et al.,2022). Se desarrollaron las corridas experimentales entre 10 minutos y 30 minutos con un paso de un minuto. Las corridas experimentales diarias se fueron aumentando un minuto cuantificando las variables de respuestas en cada dos ciclos.

En cada una de las corridas experimentales se analizó determino del ITP y el color CieLab para cada uno de los 22 experimentos y al concluir los ciclos 2,4,6,8 de cada corrida experimental.

Tabla 2. Determinación del comportamiento del contenido del ITP em cada corrida experimental y el Color

Corridas	Temperatura	*On-Off*	Ciclo 1-2		Ciclo 3-4		Ciclo 5-6		Ciclo 7-8	
			ITP	Color Cielab	ITP	Color Cielab	ITP	Color Cielab	ITP	Color Cielab
1	50	10-30								
2		11-30								
3		12-30								
4		13-30								
5		14-30								
6		15-30								
7		16-30								
8		17-30								
9		18-30								
10		19-30								
11		20-30								
12	55	10-30								
13		11-30								
14		12-30								
15		13-30								
16		14-30								
17		15-30								
18		16-30								
19		17-30								
20		18-30								
21		19-30								
22		20-30								

Fuente: Elaborado por los autores

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Comportamiento de los parámetros físicos y químicos del aguardiente.

Como se observar en la tabla 3 el pH y el grado alcohólico están en el límite superior según marcada por la norma INEN 340. En la etapa de fermentación el pH tiende a subir por el actuar de distintos factores como la temperatura y el contenido de sacarosa, Esto implica que el método utilizado para la fermentación y la destilación es la adecuada, obteniendo un solvente favorable para una mayor extracción (Montaño, 2022). En el caso del Etanol favorece en el proceso de extracción por que a mayor concentración mayor capacidad de

extracción ITP e intensidad de color. A diferencia que si tuviera menor concentración menor capacidad de extracción (Soto & Rosales, 2016).

Tabla 3. Parámetros físicos químicos del aguardiente

Muestra	Químico			Físico		
	pH	Grado alcohólico (v/v)	ITP (mg eq AG/L)	L	Color a	B
Aguardiente	4.43	50	0	100	-0.66	1.09
NTE/ INEN 340	4-4.8	45-50	-	-	-	-
(Abreu Naranjo et al.,2022).	5.93	45	0	91,85	-1.05	27,65

Fuente: Elaborado por los autores

3.2 Comportamiento de los parámetros físicos químicos del ron.

La variación que hay entre las corridas experimentales es debido al uso del ultrasonido ya que facilita la extracción de compuestos mediante la rotura de los tejidos de madera, la concentración de ITP planteada por Abreu Naranjo et al. (2022) es mucho mayor en comparación con esta investigación, como se obversa en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros físicos químicos del ron

Muestra	Corrida	Químico		
		pH	Grado alcohólico (v/v)	ITP (mg eq AG/L)
Ron	1	4.43	50	168.992
	2			142.861
	3			167.909
	4			142.616
	5			115.995
	6			140.409
	7			167.575
	8			140.327
	9			140.245
	10			116.022
	11			142.561
	12			115.967
NTE/ INEN 340	-	4-4.8	45-50	-
(Abreu Naranjo et al.,2022).	-	5.93	55	1840 -6367

Fuente: Elaborado por los autores

El aumento de ITP es debido a que en el artículo planteado por Abreu Naranjo et al. (2022), se utilizaron chips de madera tostadas y en esta investigación los chips fueron sin tostar.

En la tabla 5 se muestra que el modelo P es significativo, por tanto, describe el

comportamiento del contenido de polifenoles a partir de los factores y de la interacción entre (A y B). Los valores P inferiores a 0,0001 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A, B, AB son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0,1000 indican que los términos del modelo no son significativos (Bolaños, 2019).

Tabla 5. Modelo factorial influencia de temperatura (A) y *Dutty Cycle*(B)

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	Valor -F	Valor-p
Modelo	4090,92	3	1363,64	9380,14	< 0.0001
Temperatura A	1860,90	1	1860,90	12800,68	< 0.0001
Duty cycle-B	0,9864	1	0,9864	6,79	0,0314
AB	2229,03	1	2229,03	15332,97	< 0.0001
Error puro	1,16	8	0,1454		
Cor Total	4092,08	11			

Fuente: Elaborado por los autores.

La Figura 3 muestra una correlación satisfactoria entre los valores experimentales y lo predicho acordes a los valores de la tabla 5 donde el efecto de la interacción de los dos factores con el de la temperatura está por encima de la línea de Bonferroni y ese efecto seria significativo, el color azul de forma negativo y el color naranja positivo esto se puede validar con el modelo de predicción del ITP donde la temperatura tiene un coeficiente positivo y el efecto de la temperatura y el *Dutty Cycle* un coeficiente negativo.

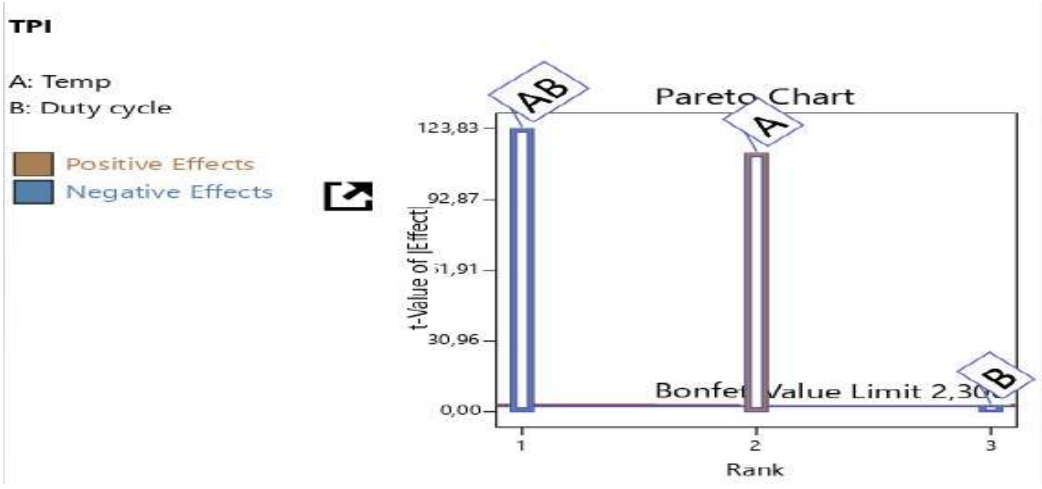


Figura 3. Diagrama de Pareto en función a la temperatura y *Dutty Cycle* con la temperatura (50°C y 55°C)

Fuente: Elaborado por los autores

La ecuación en términos de factores reales puede utilizarse para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. En este caso, los niveles deben especificarse en las unidades originales de cada factor. Esta ecuación no debe utilizarse para determinar el impacto relativo de cada factor porque los coeficientes se escalan para acomodar las unidades de cada factor y la intercepción no está en el centro del espacio de diseño (Villarreal, 2016).

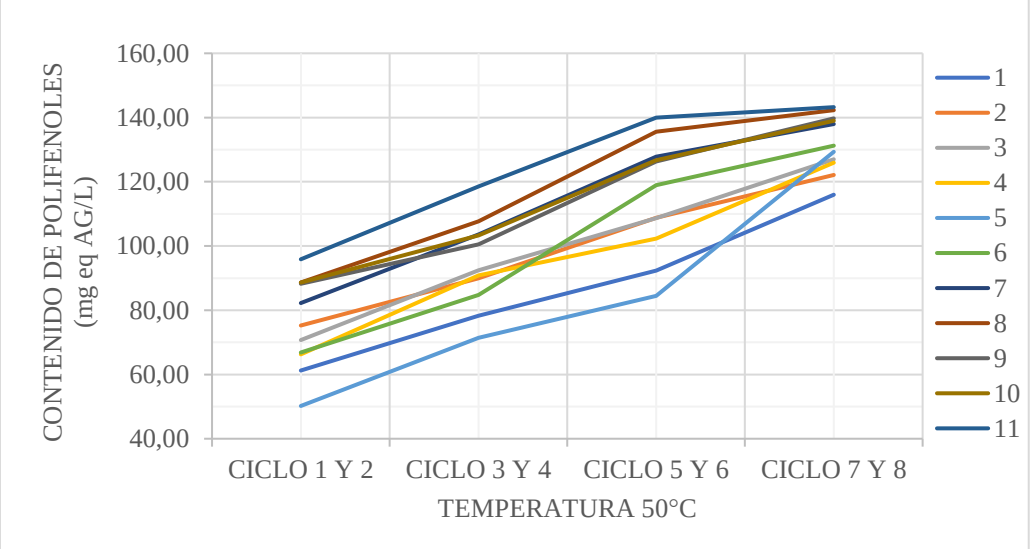
ITP=-1358,72766+28,60495*Temp+38,12328*Dutycycle-0,726886*(Temp* Duty cycle)

Efecto de la interacción de los dos factores con el de la temperatura está por encima de la línea de Bonferroni y ese efecto seria significativo, el color azul de forma negativo y el color naranja positivo esto se puede validar con el modelo de predicción del ITP donde la temperatura tiene un coeficiente positivo y el efecto de la temperatura y el Dutty Cycle un coeficiente negativo.

3.3 Comportamiento índice total de polifenoles

Los resultados de las 4 muestras que se toma cada día después de dos ciclos durante 22 corridas experimentales para el añejamiento acelerado se pueden ver en (Anexo 2). A partir de estos se generaron las figuras 4 A y B que muestran el contenido de polifenoles para cada corrida experimental producto del añejamiento a las diferentes temperaturas 50°C y 55°C y la influencia de los diferentes Dutty Cycle logrando que el contenido de polifenoles aumente (Quevedo, 2020).

A



B

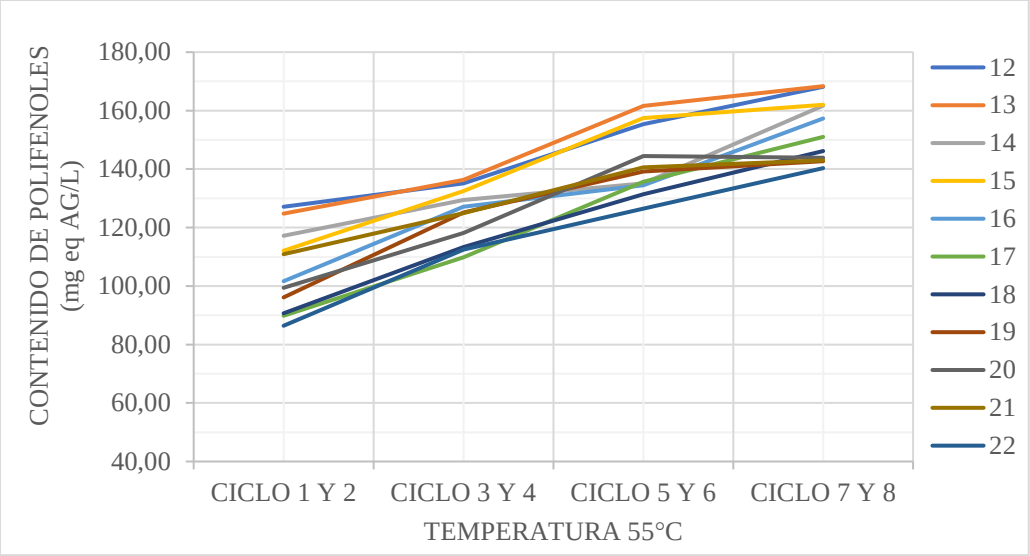


Figura 4. Comportamiento del contenido de polifenoles para diferentes corridas del *Dutty Cycle*: A. Temperatura de 50°C; B. Temperatura 55 °C.

Fuente: Elaborado por los autores

Como se observa en la figura 5 se inicia con una temperatura de 50°C (primera curva) y al aumentarla a 55°C (segunda curva), la cantidad de polifenoles va a ir disminuyendo esto se debe a que al aumentar la temperatura se rompe la pared celular y se van liberando varios componentes bioactivos ocasionando esta pérdida (Gallego,2004).

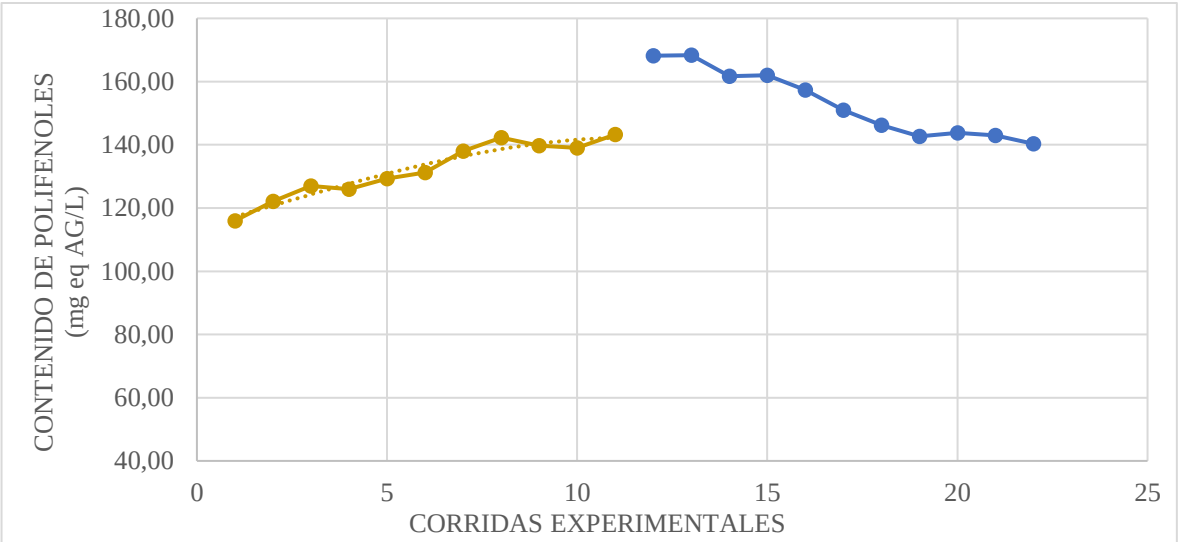


Figura 5. Influencia de la temperatura en el aumento de polifenoles.

Fuente: Elaborado por los autores

3.4 Determinación del Delta E

En la tabla 6, se observa que el color va tomando una mayor intensidad de tonalidad a medida que se aumenta el tiempo en On del Dutty Cycle en cada ciclo, ya que se va alejando del valor inicial del aguardiente, es decir mientras va aumentando de valor el color también, después de 11 ciclos se debe subir la temperatura, estos son factores que influyeron en el cambio de coloración, ya que empieza con un color y apariencia natural y se obtuvo un aspecto de coloración dorado claro y oscuro (Abreu Naranjo et al.,2022).

Tabla 6. Comportamiento del Delta E en las diferentes corridas experimentales a diferente tiempo *ON* del *Dutty Cycle* y Temperatura

Corridas	Ciclo 1-2	Ciclo 3-4	Ciclo 5-6	Ciclo 7-8
1	8,52	10,67	12,44	18,47
2	14,46	17,34	18,91	29,45
3	13,25	16,71	18,39	28,16
4	13,95	19,00	21,05	31,60
5	6,97	9,85	12,30	17,23
6	9,76	12,97	15,30	22,30
7	13,07	15,86	18,20	27,45
8	12,94	16,79	19,02	28,48
9	13,43	17,47	19,63	29,51
10	16,32	19,584	21,91	33,61
11	14,53	21,376	22,05	33,97
12	3,53	99,95	6,19	100,21
13	17,25	19,85	21,98	34,28
14	16,80	25,00	7,92	31,15
15	17,86	23,51	22,91	37,37
16	19,41	21,63	24,06	37,73
17	90,60	24,36	21,60	96,28
18	22,03	19,16	21,71	36,39
19	16,29	20,39	21,59	33,87
20	19,75	23,82	24,94	39,75
21	21,70	79,45	25,35	86,18
22	22,13	26,78	20,64	40,41

Fuente: Elaborado por los autores

El comportamiento del color es algo similar en las 22 corridas excepto en la temperatura de 55°C donde el color en algunos experimentos fue un poco más intenso comparado con el color dorado oscuro de las otras muestras, estos valores pudieron deberse al incremento de la temperatura o de pronto al tamaño de los chips de madera ya que fueron de un tamaño inferior y esto pudo aumentar la concentración (López y Villalòn, 1995).

4. CONCLUSIONES

Se demostró la determinación de la influencia del Dutty Cycle en la extracción asistida por ultrasonido para el añejamiento del aguardiente, La temperatura con el tiempo en On y Off influye en el incremento de polifenoles totales sin embargo el Dutty Cycle solo no influye en dicho desarrollo. Es importante aclarar que el contenido de polifenoles se desnaturaliza y se rompen las células polifenólicas al aplicar el Dutty Cycle y aumentar la temperatura, arrojando un bajo desarrollo de antioxidantes totales. El grado alcohólico en las 22 corridas experimentales se mantiene, por tanto, esta bebida está dentro de las normas de calidad mencionadas en el epígrafe 3, en cuanto al color, en la muestra 12 con temperatura de 55°C se obtuvo un color dorado más intenso en comparación con las otras muestras.

5. REFERENCIAS

Abreu-Naranjo, R., Yordi, E.G., Radice, M. et al. Preliminary Study Regarding the Optimisation of the Accelerated Ageing of Sugar Cane Spirit by Applying Ultrasound-Assisted Extraction and White Oak Chips (Quercus alba). Food Anal. Methods 16, 1120–1130 (2023). https://doi.org/10.1007/s12161-023-02493-6

Anaya-Villalpanda, M., & Rodríguez-Fuentes, M. (2012). Añejamiento de aguardiente con campo magnético de frecuencia extremamente baja. Tecnología Química, XXXII(3), 223-231. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543777001

Aquino, F. W. B., Rodrigues, S., do Nascimento, R. F., & Casimiro, A. R. S. (2006). Simultaneous determination of aging markers in sugar cane spirits. Food Chemistry, 98(3), 569-574. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.034

Baiano, A., De Gianni, A., Mentana, A., Quinto, M., Centonze, D., & Del Nobile, M. A. (2016). Effects of the treatment with oak chips on color-related phenolics, volatile composition, and sensory profile of red wines: The case of Aglianico and Montepulciano. European Food Research and Technology, 242, 745-767. https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-015-2583-y

Bernal Sánchez, A. R., & Carrillo Ahumada, L. Y. (2001). Estudio técnico-económico para la producción de tafia para la preparación de ron en la industria licorera de Boyacá.

Bortoletto, A. M., & Alcarde, A. R. (2013). Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. *Food Chemistry*, *139*(1), 695-701. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.053

Blanco Carvajal, I., Giménez, R., López Martínez, M. d. C., & Ribas, M. (2005). Determinación de las lactonas de roble en extractos de aguardiente mediante cromatografía gaseosa. *Revista Cubana de Química*, *XVII*(1), 276-284.

Blanco, I., González, M., & Vazquez, M. (2000). Aplicación de la Técnica del Envejecimiento Acelerado del Brandy sobre el Contenido Polifenólico en varios Tipos de Rones. Instituto Cubano de investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 252-255.

Bolaños, E. (enero-junio de 2019). Diagrama de pareto. Gestión Tecnología, 1-10. https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/19271/EDT-

Diagrama-de-Pareto.pdf?sequence=1
Chang, A. C. (2005). Study of ultrasonic wave treatments for accelerating the aging process in a rice alcoholic beverage. *Food Chemistry*, *92*(2), 337-342. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.027
Chirinos, M., Pinto, R., & Camacho, R. (2019). fermentación del mosto de caña de azúcar en barriles de madera para la producción de aguardiente en el cip santo tomas – abancay. *Economía Agrícola y Ambiental*, 32.
Chingzu, A. (2005). Study of ultrasonic wave treatments for accelerating the aging process in a rice alcoholic beverage. Food Chemistry, 2.
Codex Alimentarius. Normas Internacionales de los Alimentos. 2015 [cited 2023/Agosto/2]; [Online] Available: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/
Delgado-González, M. J., García-Moreno, M. V., Sánchez-Guillén, M. M., García-Barroso, C., & Guillén-Sánchez, D. A. (2021). Colour evolution kinetics study of spirits in their ageing process in wood casks. *Food Control*, *119*, 107-122. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107468
Galeazzi, B., Boido, E., Jorcin, S., López, T., Dellacassa, E., & Fariña Iriarte, L. (2022). Estudio del envejecimiento acelerado del aroma, el color y los parámetros fisicoquímicos de vinos Tannat. *INNOTEC*, 2-21. https://doi.org/10.26461/23.06
Gallego, A. G. (2004). Modelagem computacional e análise termodinâmica de sistemas de geração de potência utilizando gaseificação de licor negro (Doctoral dissertation, [sn]).
García, L. (2016). De las profundidades del océano al espacio exterior, parece que no hay límites a la hora de explorar las posibilidades y los efectos de los diferentes métodos de envejecimiento. métodos más raros para envejecer vinos, 1-2.
Gonzáles, M., & Vásquez, M. (2006). Estudio comparativo de rones y aguardientes añejados en barriles de roble y por el proceso acelerado. Sobre los Derivados de la Caña de,17.
González, M. D., Vázquez, M. A., & Redondo, D. (2006). Estudio comparativo de rones y aguardientes añejados en barriles de roble y por el proceso acelerado. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XL (3), 12-19. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120665002
Guarín Mendoza, L. M. (2003). Mejoramiento del equipo utilizado para la elaboración de ron mezcla en el área de elaboración de licores Industria Licorera de Caldas. *Departamento de Ingeniería Química*
Gutiérrez, B., Heredia García, J. C., & Pérez Alamino, E. (2012). *INVESTIGACIÓN DEL RON EN EL MERCADO LOCAL* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Económicas-Universidad Nacional de Tucumán).
Herrero, & Martínez. (2015). Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, *8*(4), 155-162. https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.004
Jhoyer, O. (2023). el ron en la coctelería de autor. Consultor en Gerencia de Alimentos y Bebidas, 2.
Lazarova, V. & Bahri, A. (2005). Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
López, J. A. R., & Guncay, I. G. T. (2018). Calidad físico química y sensorial de granos y

licor de cacao (Theobroma Cacaol.) Usando cinco métodos de fermentación. Revista Científica Agroecosistemas, 6(1), 115-127.

López-Naranjo, F., Godínez-García, I. H., Flores-Hernández, R., Altagracia-Martínez, M., & Córdova-Moreno, R. (2013). La calidad de varias bebidas alcohólicas comercializadas en México y las consecuencias potenciales en la salud pública. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 44(4), 62-72. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57930578008

Martínez, L., & Gómez, E. (2021). Ultrasound treatment of crushed grapes: Effect on the must and red wine polysaccharide composition. Chemistry, 1-14.

Oliveira, T., Ferreira, F., Madeiros, M., & Almeida.Joao. (2016). Producción de aguardiente utilizando extracto de alfa ácidos del lúpulo en el control biocida del proceso fermentativo. Feijóoo, 43, 18-24.

Perales, A. E. (2022). Elaboración de ron joven a partir de la melaza producida en el ingenio azucarero de bermejo.: Modalidad de Graduacion:" Investigación Aplicada". Repositorio UAJMS.

Pilco Guadalupe, G., Erazo Salcedo, L., Santos Pazos, D., & Llanga Gavilanez, J. (2020). Evaluación de propiedades psicométricas para identificar trastornos por ingesta de alcohol en una universidad de Chimborazo. CAMbios-HECAM 18,(2), 65-79. https://doi.org/10.36015/cambios.v18.n2.2019.543

Quevedo, V. (Julio de 2019). Determinación de la equivalencia entre el tiempo de añejamiento acelerado por ultrasonido y el tradicional del Ron. *Carrera de Ingeniería Agroindustrial*, 1-69. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/725

Quevedo, A. (2020). Optimización del proceso de añejamiento acelerado de. *[Tesis presentada en opcion a Ingeniera Agroindustrial en la Universidad Estatal Amazónicar]*,67.https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/898/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%20%202135.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reyes, S., & Benavides, S. (Julio de 2019). Reyes, S., Benavides, S., & Catanese, T. (2019). Manual de manejo de crisis para las comunicaciones de los medios digitales de la empresa ca ron Santa Teresa. Ucab, 1-94. Obtenido de http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAU0519.pdf

Ritchie, H., & Roser, M. (2018). Alcohol Consumption. Our World in Data, 2, 34-51. https://ourworldindata.org/alcohol-consumption

Rivas C, Y. C. (2010). La industria del aguardiente en venezuela durante el siglo XVIII: producción control y represión. Revista venezolana de Economía y Ciencias Sociales, 16(3), 165-175. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17731133010

Sánchez, C., Dúran, E., & Castro, R. (2021). Olfactometric and sensory evaluation of red wines subjected to ultrasound or microwaves during their maceration or ageing stages. *LWT*, 1-4. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111228

Sánchez, M., Merino, R., & Delgado, M. (2021). Sistema y procedimiento para el envejecimiento acelerado de vinos y destilados. *Quimica*, 2-19. https://patents.google.com/patent/WO2017153618A1/es

Singleton, V. L., Orthofer, R. y Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Análisis de fenoles totales y otros sustratos de oxidación y antioxidantes mediante reactivo folin-ciocalteu. En Métodos en enzimología (Vol. 299, pp. 152-178). Prensa académica.

Silva, D. S. N., de Sousa Silva, M., Coelho, T. L. S., Dantas, C., Júnior, C. A. L., Caldas, N.

M. y Vieira, E. C. (2022). Combinación de ultrasonido de alta intensidad y diseño experimental para mejorar la eficiencia de extracción de carotenoides de Buriti (Mauritia flexuosa). *Sonoquímica ultrasónica*, *88*, 106076.

Sola Saiz, Tania; Martí Jiménez, Berta. "Análisis de polifenoles en bebidas alcohólicas mediante HPLC". Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Química... <http://hdl.handle.net/2099.1/11525>. [Consulta: 16-08-23].

Taloumi, T., & Makris, D. (2017). Accelerated Aging of the Traditional Greek Distillate Tsipouro Using Wooden Chips. Part I: Effect of Static Maceration vs. Ultrasonication on the Polyphenol Extraction and Antioxidant Activity. *Beverages*, *3*, 5. https://doi.org/10.3390/beverages3010005

Valera, W., (2022). Evaluación de la capacidad antioxidante y polifenoles totales por el efecto de la temperatura y tiempo de pasteurización, en una bebida de jugo de caña de azúcar (saccharum officinarum l.) variedad "criolla", Ucayali [Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6260

Villarreal, F. (2016). "Introducción a los Modelos de Pronósticos". - Departamento de Matemática,3.https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf

Piccardo, Diego, & González, -Neves, Gustavo. (2013). Extracción de polifenoles y composición de vinos tintos Tannat elaborados por técnicas de maceración prefermentativas. Agrociencia (Uruguay), 17(1), 36-44. Recuperado en 14 de agosto de 2023, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttextt&pid=S2301-15482013000100004&Ing=es

Warren-Vega, W. M., Fonseca-Aguiñaga, R., González-Gutiérrez, L. V., Carrasco-Marín, F., Zárate-Guzmán, A. I., & Romero-Cano, L. A. (2021). Chemical characterization of tequila maturation process and their connection with the physicochemical properties of the cask. Journal of Food Composition and Analysis, 98, 103-124. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103804

Soto-García, Marcela, & Rosales-Castro, Martha. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de Pinus durangensis y Quercus sideroxyla. Maderas. Ciencia y tecnología, 18(4), 701-714. Epub 00 de de 2016.https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061

Zhai, X., Wang, X., Wang, X., Zhang, H., Ji, Y., Ren, D., & Lu, J. (2021). An efficient method using ultrasound to accelerate aging in crabapple (Malus asiatica) vinegar produced from fresh fruit and its influencing mechanism investigation. Ultrasonics Sonochemistry, 72, 105-121. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105464

ANEXOS

MARCO TEÓRICO

Materia prima

Aguardiente

El aguardiente es una popular bebida alcohólica destilada en varios países hispanohablantes. Se obtiene a partir de la destilación del mosto fermentado de distintas

materias primas como uva, caña de azúcar, cereales, etc. A través del proceso de destilación se concentra el alcohol, alcanzando gradaciones que van desde los 29° hasta aproximadamente los 60° (Rivas C, 2010). Existen diferentes tipos de aguardiente dependiendo del país y la materia prima utilizada. En España se elabora con orujo de uva o con azucareras, en México se produce la charanda y el sotol, en Colombia el aguardiente antioqueño, en Perú el pisco, en Chile también el pisco chileno, entre otros. El aguardiente puede ser incoloro o tener diversos colores según su proceso de producción y envejecimiento en barricas de madera (Lucambio-Miró et al., 2022).

Según Codex Alimentarius (2015), el aguardiente se define como: "La bebida alcohólica destilada obtenida de materias primas agrícolas fermentadas, que posee las características organolépticas derivadas del material del que se ha obtenido. Puede contener caramelo añadido para ajustar el color." El Codex establece algunos requisitos para el aguardiente:

- El contenido alcohólico mínimo debe ser de 37,5% alcohol en volumen.
- Solamente se permiten los aditivos caramelo, azúcar caramelizado y azúcar invertido para ajustar el color y la dulzura.
- Puede estar envasado en recipientes de vidrio o cerámica, no excediendo los 2 litros.
- Debe etiquetarse con la denominación "aguardiente" junto con el tipo de materia prima (uva, caña de azúcar, cereal, etc.).
- Si ha sido envejecido, esto debe declararse junto con el tiempo mínimo de envejecimiento.

Roble y su relación con añejamiento

El roble (*Quercus*) es una madera muy utilizada tradicionalmente en la elaboración y añejamiento de destilados como el aguardiente, ya que aporta propiedades organolépticas únicas debido a su porosidad. Las barricas de roble permiten una interacción del aguardiente con los compuestos de la madera, extrayendo aromas y sabores a vainilla, especias y humo por sus taninos y ligninas, así como notas de lactona Galeazzi et al., (2022), la madera también facilita una oxidación gradual del destilado, suavizando su sabor con el tiempo. Existen distintos tipos de roble con características diferentes según su origen. Cuanto más prolongado es el añejamiento, mayor intensidad adquieren los aromas y sabores de la barrica. El roble sigue siendo hoy en día la madera principal para el añejamiento de bebidas

espirituosas gracias a su efecto en la calidad, aroma y color final del producto, siendo una parte fundamental de este proceso (González et al., 2006).

Añejamiento

El añejamiento es un proceso utilizado en la producción de diversas bebidas alcohólicas, especialmente en licores y destilados, con el objetivo de mejorar su sabor, aroma y calidad general. Durante el añejamiento, la bebida se almacena en barricas o recipientes especiales durante un período de tiempo determinado, durante el cual interactúa con la madera y el ambiente circundante, lo que resulta en cambios en sus características organolépticas (Anaya-Villalpanda & Rodríguez-Fuentes, 2012).

Tipos de añejamientos

Añejamiento en barrica de madera

El añejamiento en barrica de madera generalmente de roble, es el método tradicional que se ha utilizado por siglos para la maduración de destilados como el whisky, el brandy y el ron. La porosidad de la madera permite una lenta oxidación e interacción con sustancias como lactonas, taninos y ligninas, que aportan aromas y sabores deseados. El tiempo en las barricas puede variar desde meses hasta décadas, dependiendo del producto (González et al., 2006).

Añejamiento en botella

El añejamiento en botella luego del tiempo en barrica es común en destilados como el whisky y el brandy. En esta segunda etapa se busca una evolución adicional mediante reacciones limitadas con el oxígeno atrapado en la botella cerrada. Puede durar años hasta alcanzar la madurez deseada. Algunos licores, como el coñac, el vino y ciertos tipos de tequila, pueden envejecer en botellas de vidrio durante largos períodos. El vidrio es un material inerte, lo que permite que la bebida se mantenga estable sin interacción adicional con la madera (Anaya-Villalpanda & Rodríguez-Fuentes, 2012).

Añejamiento acelerado

El añejamiento acelerado, también conocido como envejecimiento acelerado o envejecimiento rápido, es una técnica que busca simular los efectos del proceso de añejamiento tradicional en un período de tiempo más corto. Esta técnica es utilizada en la

industria para agilizar la producción y obtener productos con características organolépticas similares a los que han pasado por un largo proceso de añejamiento en barricas o recipientes convencionales. Según Galeazzi et al. (2022), el añejamiento acelerado puede ser de los siguientes tipos:

Oxigenación forzada

La oxigenación forzada es una técnica utilizada en el proceso de añejamiento de bebidas alcohólicas, especialmente en licores como el vino y el whisky. Consiste en introducir deliberadamente oxígeno en el líquido durante el proceso de envejecimiento para acelerar ciertas reacciones químicas y mejorar las características organolépticas del producto final. Durante el añejamiento en barricas de roble el oxígeno ingresa gradualmente a través de los poros de la madera, permitiendo una lenta oxidación de ciertos compuestos presentes en el licor (Blanco Carvajal et al., 2005). Este proceso contribuye a cambios en el sabor, aroma y color del licor, resultando en un perfil más complejo y refinado.

Temperatura y humedad controladas

En este método, se somete la bebida a condiciones específicas de temperatura y humedad, que aceleran las reacciones químicas y las interacciones entre los componentes del licor y el recipiente donde se lleva a cabo el añejamiento. Al controlar cuidadosamente la temperatura y la humedad, se puede simular parte del proceso de extracción de compuestos de la madera de la barrica, lo que influye en el perfil organoléptico del aguardiente. Estas condiciones controladas permiten una mayor eficiencia en la transferencia de compuestos deseables del recipiente al licor, lo que puede resultar en un añejamiento más rápido y en la obtención de características organolépticas similares a las que se lograrían en un proceso de envejecimiento más prolongado (Galeazzi et al., 2022).

Uso de chips de madera o duelas

Es una técnica que busca simular el proceso de envejecimiento tradicional en barricas de madera, pero en un tiempo más corto y controlado. En lugar de añejar el aguardiente en barricas de roble durante varios años, esta técnica implica agregar pequeños fragmentos de madera (chips) o listones de madera (duelas) directamente al licor. Los chips de madera o duelas permiten una mayor superficie de contacto entre el aguardiente y la madera, lo que acelera la interacción entre ambos. Durante el proceso, los compuestos aromáticos presentes

en la madera se disuelven en el aguardiente, enriqueciendo su sabor, aroma y color en menos tiempo que el envejecimiento tradicional (Sanchez et al., 2021).

Microoxigenación

En lugar de mantener el aguardiente en barricas durante largos períodos, la microoxigenación implica la dosificación controlada de pequeñas cantidades de oxígeno al licor a lo largo del tiempo. Durante el proceso de microoxigenación, el oxígeno interactúa con los compuestos presentes en el aguardiente, lo que puede facilitar la oxidación de algunos componentes y mejorar la integración de sabores y aromas. Además, esta técnica puede suavizar y matizar los perfiles organolépticos, proporcionando una mayor complejidad al licor (Galeazzi et al., 2022).

Ultrasonido asistido

El ultrasonido ha sido utilizado para mejorar procesos de extracción en alimentos y bebidas. En este contexto, puede acelerar la interacción entre la bebida y la madera de la barrica o facilitar la extracción de compuestos que contribuyen al sabor y aroma característicos del añejamiento. El ultrasonido es una técnica científica de alto impacto que facilita la extracción de compuestos de materiales vegetales y compuestos aromáticos al romper la pared celular y facilitar la transferencia de la célula al solvente x. Se ha aplicado en tratamientos para vinos y ron con diferentes parámetros de potencia, frecuencia y tiempo de aplicación. Un estudio sobre vinos reveló que el tratamiento con ultrasonido durante 30 y 60 minutos no tuvo un efecto significativo en el pH. En cuanto al ron, se utilizó el añejamiento acelerado con ultrasonido durante un ciclo de tres horas, variando la potencia, frecuencia y temperatura (Sánchez et al., 2021). Según Quevedo (2020), los polifenoles totales son afectados por diferentes intervalos de aplicación de ultrasonido. Estos resultados demuestran el potencial del ultrasonido como una herramienta para acelerar procesos de extracción y añejamiento en bebidas alcohólicas

El efecto *Dutty Cycle*

Esta técnica consiste en aplicar ciclos de ultrasonido de alta potencia durante un tiempo determinado, alternados con periodos de reposo sin ultrasonido. La aplicación de ultrasonido genera el efecto de cavitación acústica, creando burbujas microscópicas que colapsan

violentamente y provocan ondas de choque y calentamiento localizado (Zhai et al., 2021). Esto ayuda a extraer los compuestos deseados de la madera, como taninos, ligninas y lactonas. Durante los periodos de reposo sin ultrasonido ocurren procesos de difusión y equilibrio, permitiendo una mejor distribución de los extractos de la madera en el destilado. Además, la alternancia evita un calentamiento excesivo de la muestra (Herrero & Martínez, 2015).

Al repetir estos ciclos de ultrasonido-reposo varias veces, se logra optimizar la extracción de los compuestos fenólicos y aromáticos de la madera. También se generan reacciones químicas como oxidación y polimerización, de manera similar al añejamiento tradicional, pero de forma acelerada. Los parámetros como potencia ultrasónica, tiempo de cada ciclo y número total de ciclos requieren optimización según el tipo de bebida alcohólica (Chang, 2005). Los estudios preliminares muestran resultados prometedores del *Dutty Cycle* como técnica complementaria para acortar el tiempo de añejamiento. Sin embargo, se necesita más investigación sobre su impacto en las características sensoriales antes de implementarse a nivel industrial

Anexo 2. Comportamiento de ITP a Temperatura de 50°C y Temperatura 55°C.

Corrida	Ciclo 1-2				Ciclo 3-4				Ciclo 5-6				Ciclo 7-8			
	ITP	Color Cielab			ITP	Color Cielab			ITP	Color Cielab			ITP	Color Cielab		
		L	a	b		L	a	b		L	a	b		L	a	b
1	61,24	96,70	-0,36	8,94	78,35	95,80	-0,22	10,89	92,35	94,50	-0,24	12,25	115,97	92,70	-0,01	12,61
2	75,25	94,50	0,73	14,40	89,99	93,10	1,41	16,87	108,77	92,50	1,00	18,37	122,12	92,10	0,96	19,60
3	70,72	94,60	0,23	13,16	92,41	92,30	0,64	15,87	108,67	90,30	0,84	16,65	127,00	88,70	1,01	18,04
4	66,27	94,10	1,32	13,58	90,86	90,80	2,17	17,48	102,28	89,10	2,49	18,82	125,95	87,50	2,78	20,31
5	50,20	97,50	-0,93	7,60	71,40	95,30	-0,56	9,75	84,47	93,40	-0,81	11,47	129,34	92,20	-0,79	12,29
6	66,85	96,30	-0,80	10,12	84,78	93,90	-0,56	12,54	118,95	91,50	-0,46	13,81	131,25	89,60	-0,45	14,46
7	82,24	93,40	-0,35	12,37	103,64	92,90	-0,22	15,27	127,83	91,50	-0,10	17,18	137,98	90,80	-0,02	18,68
8	88,65	95,10	-0,27	13,06	107,70	93,30	-0,09	16,48	135,62	92,20	-0,03	18,43	142,30	77,00	-0,51	12,49
9	88,24	94,50	0,09	13,32	100,54	93,10	0,41	17,11	126,29	91,60	0,67	18,79	139,74	90,30	0,71	19,95
10	88,63	92,70	0,66	15,63	103,34	91,40	0,96	18,61	126,77	90,00	1,16	20,50	139,00	89,20	1,15	21,89
11	95,87	93,50	0,14	14,06	118,54	87,60	0,92	18,43	139,93	90,90	0,97	21,11	143,24	90,40	0,92	22,43
12	127,12	96,80	-1,00	-0,37	135,14	1,40	2,84	17,13	155,32	96,90	3,89	-1,74	168,16	81,30	1,10	1,76
13	124,78	91,40	-0,25	16,04	136,31	90,90	-0,19	18,73	161,66	90,00	-0,14	20,66	168,36	90,30	0,36	23,23
14	117,21	90,60	0,31	14,98	129,39	76,30	-1,10	9,06	135,10	92,10	-0,15	0,87	161,71	91,30	0,05	20,48
15	112,09	92,40	0,47	17,22	132,46	82,70	0,00	17,00	157,43	91,60	0,16	22,39	162,00	90,00	0,57	23,61
16	101,65	87,30	0,18	15,75	127,18	90,60	0,17	20,56	134,42	87,90	0,89	21,83	157,32	98,90	-0,81	1,21
17	89,85	88,30	88,30	13,68	109,81	76,10	-2,04	5,62	135,71	87,40	0,82	18,58	151,02	90,70	0,02	20,33
18	90,68	79,90	-1,00	10,12	113,32	93,00	0,58	18,89	131,38	91,40	0,85	20,97	146,19	77,80	-2,02	2,75
19	96,12	92,90	1,23	15,63	125,20	91,50	0,75	19,58	139,22	90,80	0,82	20,57	142,71	90,30	0,82	21,25
20	99,41	88,00	0,00	16,77	118,14	76,60	-1,01	5,57	144,47	89,40	-1,38	23,66	143,84	91,10	1,21	23,18
21	110,91	90,10	1,47	20,29	124,98	23,91	1,95	23,83	140,64	75,00	-0,99	5,31	142,99	86,30	2,27	27,01
22	86,42	77,90	-0,82	2,23	112,51	74,20	-1,18	8,25	126,48	90,90	1,17	19,53	140,33	90,40	1,22	21,05