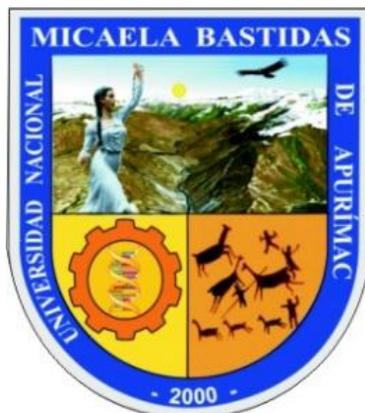


**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA OZONIZACIÓN EN LA VIDA ÚTIL DE  
CHICHA DE JORA ENVASADA”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. LIZBETH IRAYDA CAMACHO BAUTISTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN:  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ABANCAY- PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA OZONIZACIÓN EN LA VIDA ÚTIL DE  
CHICHA DE JORA ENVASADA”**

Presentado por el Bach. **LIZBETH IRAYDA CAMACHO BAUTISTA**, para optar el  
título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Sustentado y aprobado el 10 de setiembre del 2019 ante el jurado:

**Presidente:**

**MSc. Cándida López Loayza**

**Primer Miembro:**

**Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres**

**Segundo Miembro:**

**Lic. Virgilio Quispe Delgado**

**Asesor (es) :**

**MSc. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca**

## **Agradecimiento**

*Quiero agradecer el apoyo desinteresado de mí estimado asesor MSc. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca por brindarme su apoyo y conocimientos para guiar cada paso en la realización de esta tesis.*

*Agradecer también a nuestra Alma Mater la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por impartirnos todos los conocimientos necesarios para realizar este trabajo de investigación y por permitirme utilizar los diferentes laboratorios para para su ejecución.*



## **Dedicatoria**

*Doy gracias a Dios en primer lugar por darme esta nueva oportunidad de vida, a mi querida familia por estar conmigo en todo momento, a mis amigos y a uno en especial que me entiende y quiere lo mejor para mí.  
Gracias por todo su apoyo incondicional.*



# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1. Descripción del problema. ....	4
1.2. Enunciado del problema. ....	5
a) Enunciado general. ....	5
b) Enunciado específico.....	5
1.3. Objetivos. ....	6
c) Objetivo general. ....	6
d) Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación. ....	6
1.5. Delimitación.....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. La chicha de jora. ....	10
2.2.1.1. Germinación del maíz (Jora).....	11
2.2.1.2. Elaboración de la chicha de jora. ....	12
2.2.1.3. Materia Prima:.....	12
2.2.1.4. Cocción: .....	12
2.2.1.5. Filtración: .....	13
2.2.1.6. Fermentación:.....	13
2.2.1.7. Importancia nutricional de la chicha de jora. ....	15
2.2.1.8. Características organolépticas de la chicha de jora.....	17
2.2.1.9. Análisis sensorial.....	18
2.2.1.10. Pruebas afectivas.....	18
2.2.1.11. El papel de los panelistas. ....	19
2.2.1.12. Vida útil. ....	20

2.2.1.13.	Reacción de Maillard. ....	21
2.2.1.14.	Degradación de Streacker. ....	22
2.2.1.15.	Óxido Reducción de alimentos. ....	23
2.2.2.	Ozono. ....	25
2.2.2.1.	Características del ozono. ....	26
2.2.2.2.	Mecanismo de acción del ozono. ....	26
2.2.2.3.	Aplicaciones en la industria de los alimentos. ....	30
2.2.2.4.	Ozono en cámaras frigoríficas. ....	30
2.2.2.5.	Ozono en la industria del vino. ....	32
2.2.2.6.	Ozono en el proceso de maduración de quesos. ....	33
2.2.2.7.	Ozono en la conservación de huevos. ....	33
2.2.3.	Análisis fisicoquímico. ....	33
2.2.3.1.	La acidez en alimentos. ....	33
2.2.3.2.	El pH en alimentos. ....	34
2.2.3.3.	Determinación de sólidos solubles (°Bx) en alimentos. ....	35
2.2.3.4.	La densidad en alimentos. ....	35
2.2.3.5.	Técnica de espectrofotometría en alimentos. ....	36
2.2.3.6.	Técnica de rayos infrarrojos en alimentos. ....	37
2.3.	Definición de términos. ....	38

**CAPÍTULO III .....40**

**DISEÑO METODOLÓGICO. ....40**

3.1.	Definición de variables. ....	40
a)	Variable independiente. ....	40
b)	Variable dependiente. ....	40
c)	Variable interviniente y/o extraña. ....	40
3.2.	Operacionalización de variables. ....	41
3.3.	Hipótesis de la investigación. ....	42
a)	Hipótesis general. ....	42
b)	Hipótesis específicas. ....	42
3.4.	Tipo y diseño de investigación. ....	42
3.4.1.	Tipo de investigación. ....	42
3.4.2.	Diseño de investigación. ....	42
3.5.	Población y muestra. ....	44
3.5.1.	Población. ....	44
3.5.2.	Muestra. ....	44



3.6.	Procedimiento de la investigación.....	45
3.6.1.	Análisis fisicoquímico.....	45
3.6.1.1.	Determinación de acidez de la chicha de jora.....	45
3.6.1.2.	Determinación de potencial de hidrogeniones (pH) de la chicha de jora.....	46
3.6.1.3.	Determinación de sólidos solubles en la chicha de jora (°Bx).....	46
3.6.1.4.	Técnica de espectrofotometría para la turbidez de la chicha de jora..	47
3.6.1.5.	Determinación de la densidad de la chicha de jora.....	48
3.6.1.6.	Técnica de rayos infrarrojos para determinar el desarrollo de compuestos orgánicos en la chicha de jora.....	49
3.6.2.	Análisis sensorial.....	50
3.7.	Material de investigación.....	51
3.7.1.	Instrumentos de investigación.....	51
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>53</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>53</b>
4.1.	Descripción de resultados.....	53
4.1.1.	Acidez:.....	53
4.1.1.1.	Prueba estadística ANOVA para variable acidez.....	54
4.1.2.	Potencial de hidrogeniones (pH):.....	55
4.1.2.1.	ANOVA para variable pH.....	56
4.1.3.	Sólidos solubles (°Brix):.....	57
4.1.3.1.	ANOVA para variable °Brix.....	58
4.1.4.	Densidad:.....	58
4.1.4.1.	ANOVA para variable densidad.....	59
4.1.5.	Turbidez:.....	60
4.1.5.1.	ANOVA para la turbidez.....	61
4.2.	Análisis sensorial.....	62
4.3.	Discusión de resultados.....	65
4.3.1.	Análisis fisicoquímicos.....	65
4.3.1.1.	Acidez.....	65
4.3.1.2.	Potencial de hidrogeniones (pH).....	68
4.3.1.3.	Sólidos solubles (°Brix).....	71
4.3.1.4.	Densidad.....	74
4.3.1.5.	Turbidez.....	75
4.3.2.	Análisis sensoriales.....	77

4.3.2.1. Sabor.....	77
4.3.2.2. Aroma.....	77
4.3.2.3. Color.....	78
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>80</b>
5.1. Conclusiones.....	80
5.2. Recomendaciones. ....	80
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>



## TABLA:

<b>Tabla 1.</b> Características fisicoquímicas de la fermentación natural de la chicha de jora. ....	7
<b>Tabla 2.</b> Información de la composición de la chicha de jora. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Diferencia entre cloro y ozono. ....	28
<b>Tabla 4.</b> Eficiencia de Biocida para diferentes desinfectantes al 99% de eficiencia. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Diferencia entre carne ozonizada y carne sin ozonizar. ....	31
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables. ....	41
<b>Tabla 7.</b> Diseño experimental (Formulaciones de la investigación).....	44
<b>Tabla 8.</b> Prueba organoléptica a panelistas. ....	50
<b>Tabla 9.</b> Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III.....	55
<b>Tabla 10.</b> Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III.....	56
<b>Tabla 11.</b> Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III.....	58
<b>Tabla 12.</b> Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III.....	60
<b>Tabla 13.</b> Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III.....	61
<b>Tabla 14.</b> Tratamientos de ozonización para determinar la acidez de la chicha de jora.....	87
<b>Tabla 15.</b> Tratamientos de ozonización para determinar el pH de la chicha de jora. ....	87
<b>Tabla 16.</b> Tratamientos de ozonización para determinar °Brix de la chicha de jora. ....	88
<b>Tabla 17.</b> Tratamientos de ozonización para determinar densidad de la chicha de jora. ...	88
<b>Tabla 18.</b> Tratamientos de ozonización para determinar la turbidez de chicha de jora.....	88
<b>Tabla 19.</b> % de Aprobación del SABOR del panelista en la evaluación sensorial.....	89
<b>Tabla 20.</b> % de Aprobación del AROMA del panelista en la evaluación sensorial. ....	89
<b>Tabla 21.</b> % de Aprobación del COLOR del panelista en la evaluación sensorial. ....	90
<b>Tabla 22.</b> % de Aprobación del TEXTURA del panelista en la evaluación sensorial. ....	90
<b>Tabla 23.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	91
<b>Tabla 24.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	92
<b>Tabla 25.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	94
<b>Tabla 26.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	95
<b>Tabla 27.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	97
<b>Tabla 28.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	98
<b>Tabla 29.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	100
<b>Tabla 30.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	101
<b>Tabla 31.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	103
<b>Tabla 32.</b> Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.....	104

## FIGURA:

<b>Figura 1.</b> Diagrama de operaciones en la elaboración de la chicha de jora.....	15
<b>Figura 2.</b> Componentes del espectrofotómetro.....	37
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo de elaboración del proyecto experimental. ....	43
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de la acidez de la chicha de jora.....	54
<b>Figura 5.</b> Comportamiento del pH de la chicha de jora.....	56
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de °Brix de la chicha de jora. ....	57
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de la DENSIDAD de la chicha de jora. ....	59
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la TURBIDEZ de la chicha de jora. ....	61
<b>Figura 9.</b> Evaluación sensorial del SABOR al panelista. ....	62
<b>Figura 10.</b> Evaluación sensorial del AROMA al panelista.....	63
<b>Figura 11.</b> Evaluación sensorial del COLOR al panelista.....	63
<b>Figura 12.</b> Evaluación sensorial del TEXTURA al panelista.....	64
<b>Figura 13.</b> Evaluación de acidez de la variedad de maíz Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	65
<b>Figura 14.</b> Evaluación de acidez de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.....	66
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de la acidez titulable en la tercera etapa de fermentación.....	67
<b>Figura 16.</b> Evaluación del pH de la chicha de jora de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	68
<b>Figura 17.</b> Evaluación del pH de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.....	69
<b>Figura 18.</b> Evolución del pH en vinos tintos. ....	70
<b>Figura 19.</b> Consumo de azúcar durante la fermentación de la chicha de jora.....	71
<b>Figura 20.</b> Evaluación de °Brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	72
<b>Figura 21.</b> Evaluación de °Brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.....	73
<b>Figura 22.</b> Variación de los sólidos solubles (°Brix) con relación al tiempo, durante la fermentación de los mostos corregidos a diferentes concentraciones de levadura.....	74
<b>Figura 23.</b> Evolución de la Absorbancia a 420 nm, en vinos tintos, con el tiempo. ....	75
<b>Figura 24.</b> Áreas de grupos funcionales. ....	106
<b>Figura 25.</b> Tratamiento de 1 minuto de ozonización.....	107
<b>Figura 26.</b> Tratamiento con 2 minutos de ozonización. ....	107
<b>Figura 27.</b> Tratamiento con 3 minutos de ozonización. ....	108
<b>Figura 28.</b> Tratamiento de 4 minutos de ozonización. ....	108
<b>Figura 29.</b> Tratamiento con 5 minutos de ozonización. ....	109

<b>Figura 30.</b> Primer día de evaluación.....	110
<b>Figura 31.</b> Segundo día de evaluación.....	110
<b>Figura 32.</b> Tercer día de evaluación.....	111
<b>Figura 33.</b> Cuarto día de evaluación.....	111



# “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA OZONIZACIÓN EN LA VIDA ÚTIL DE CHICHA DE JORA ENVASADA”

*Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons*



## INTRODUCCIÓN

La chicha de jora es una bebida originaria del Perú, difundida sobre todo en la zona andina y el norte del país. Presenta diversas variedades según la región, pero su preparación se basa principalmente en la fermentación de jora hasta la actualidad la elaboración sigue siendo artesanal. Obtenida por fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto del maíz malteado.

Por otro lado, la chicha de jora no es una bebida estable ya que se encuentra en pleno proceso fermentativo no controlado, las bacterias ácido lácticas en especial los *Lactobacillus plantarum* son las responsables en gran medida de la fermentación de la chicha de jora, (Ayma y Cacsire, 2012); por tal motivo los productos que se obtienen principalmente son lactatos, acetatos, etanol y dióxido de carbono.

La tendencia mundial que se está desarrollando en cuanto a los alimentos, es necesario el uso de técnicas industriales que sirvan comercializar productos naturales, sin que se alteren las características organolépticas originales de un producto.

En el presente trabajo de investigación se pretende generar conocimiento del comportamiento del proceso de fermentación para alargar la vida útil de la chicha de jora, empleando un sistema de envasado con ozono, donde se controle las características fisicoquímicas (pH, acidez, °Brix, densidad y turbidez) y organolépticas (sabor, aroma, color y textura) de la chicha de jora. De esta manera contribuir en estudios para lograrla insertar en el mercado y facilitar su comercialización de esta bebida ancestral y de valor nutricional importante.

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con el propósito de estabilizar el proceso de la fermentación en la chicha de jora mediante el sistema de envasado con ozono sin que pierda sus características fisicoquímicas propias de la chicha de jora natural o fresca. Para lo cual se realizó tratamientos de ozonización a la chicha de jora antes de su envasado, con tiempos de 1, 2, 3, 4 y 5 minutos. Se evaluaron estos tratamientos mediante pruebas fisicoquímicas (pH, densidad, acidez, °Brix, turbidez) y finalmente se aplicaron pruebas organolépticas afectivas. El tiempo de evaluación fue de 4 días para tener cinéticas del comportamiento de los parámetros evaluados. Los resultados fisicoquímicos obtenidos y del análisis sensorial que evaluó la aceptabilidad del sabor, aroma, color y textura; ayudó a comprender algunos cambios en las alteraciones organolépticas de los diferentes tiempos de ozonización de cada muestra y así se obtuvo que el tiempo óptimo de ozonización para estabilizar los parámetros fisicoquímicos y el mismo proceso de fermentación de la chicha de jora es el tratamiento de 2 minutos, tratamiento que presenta resultados fisicoquímicos de acidez de 2.88 g/L de ácido láctico, un pH de 3.66, densidad de 1.019g/ml, °Brix de 4.2 y Turbidez de 0.986.

En cuanto al análisis sensorial si bien es cierto hay un tratamiento con mayor preferencia es el tratamiento de dos minutos, existe en este y en los demás tratamientos un cambio significativo en comparación a la muestra patrón, en cuanto a la aparición de un sabor metálico extraño al producto inicial esto es producto de un proceso oxidativo extremo de los carbohidratos presentes en el producto.

Por lo tanto, se concluye que el efecto de la ozonización sobre la chicha de jora estabiliza los parámetros fisicoquímicos de la chicha de jora lo que evita su alteración de este producto con fines de industrialización convirtiéndolo así en un producto fácil de transportar en el mercado, pero aún falta profundizar estudios para evitar o suprimir la oxidación de los carbohidratos del producto y eliminar el sabor metálico que adquiere el producto a causa de la reacción de Strecker.

Palabras claves: chicha de jora, ozonización, vida útil.

## ABSTRACT

The research work was carried out with the purpose of stabilizing the fermentation process in the chicha de jora through the ozone packaging system without losing its physicochemical characteristics typical of the chicha de jora natural or fresh. For which ozonation treatments were carried out to chicha de jora before packing, with times of 1, 2, 3, 4 and 5 minutes. These treatments were evaluated by physicochemical tests (pH, density, acidity, ° Brix, turbidity) and finally affective organoleptic tests were applied. The evaluation time was 4 days to have kinetics of the behavior of the parameters evaluated. The physicochemical results obtained and the sensory analysis that evaluated the acceptability of flavor, aroma, color and texture; helped to understand some changes in the organoleptic alterations of the different ozonation times of each sample and thus it was obtained that the optimal ozonation time to stabilize the physicochemical parameters and the same fermentation process of chicha de jora is the 2 minute treatment , a treatment that shows physicochemical results of acidity of 2.88 g / L of lactic acid, a pH of 3.66, density of 1.019g / ml, Brix ° 4.2 and Turbidity of 0.986.

As for the sensory analysis, although it is true there is a treatment with more preference is the two-minute treatment, there is a significant change in this and in the other treatments compared to the standard sample, in terms of the appearance of a strange metallic taste to the initial product this product of an extreme oxidative process of the carbohydrates present in the product.

Therefore, it is concluded that the effect of ozonation on chicha de jora stabilizes the physicochemical parameters of chicha de jora, which prevents its alteration of this product for industrialization purposes, making it an easy product to transport on the market, but there are still studies to avoid or suppress the oxidation of carbohydrates in the product and eliminate the metallic taste that the product acquires because of the Strecker reaction.

Keywords: chicha de jora, ozonation, shelf life.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema.

La chicha de jora es una bebida oriunda del Perú, difundida en la mayoría del territorio a excepción de la selva. Esta es elaborada desde la época pre incaica, siendo considerada como una bebida sagrada utilizada en actos ceremoniales y fiestas de todas las culturas prehispánicas de la zona central andina. Esta bebida es elaborada artesanalmente y se consume además en otros países de América del Sur, constituyendo un producto con potencial de industrialización. Con el inconveniente actual, que no se envasa comercialmente debido a la fermentación que ocasionan los diferentes microorganismos entre ellos levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias acéticas presentes en su composición. (De Florio, 1986).

Para (Steinkraus, 1996), los principales microorganismos responsables de la fermentación de la chicha de jora son las bacterias del género *Lactobacillus* y levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, aunque están presentes otras bacterias, levaduras y hongos. El desarrollo de estos microorganismos es constante o activo por el cual influenciará en ciertas características propias de la chicha de jora, limitando así su comercialización ya que es una bebida muy compleja por estos comportamientos.

En la región de Apurímac, la chicha de jora es de consumo cotidiano tiene una vida útil en promedio de tres días y se comercializa a granel. Su elaboración se inicia con la obtención de la primera bebida llamada upi aqa o chicha tierna, cuya vida se prolonga hasta el día siguiente, tiempo en que lentamente disminuye la temperatura del líquido. Una segunda etapa se inicia cuando se agrega un poco de borra o qoncho (chicha madre, aqa mama, fermento que se guarda para madurar una nueva producción de chicha) al upi aqa para el proceso de fermentación, hasta alcanzar el estado óptimo, la chicha madura, lista para el consumo. (Alarcón, 2015); Pero este proceso productivo carece de un sistema estandarizado para poder envasarlo, a causa de falta de información de algunos métodos que puedan lograr su envasado.

Otro punto a considerar es que, en las últimas décadas, la industria de las bebidas fermentadas se ha intensificado debido a la demanda del mercado peruano, esta característica hace necesaria el estudio y profundización de conocimientos y uso de técnicas industriales que sirvan para optimizar la obtención de bebidas cada vez más inocuas existiendo tendencias del mercado peruano hacia lo natural.

Por lo anteriormente mencionado en el presente trabajo de investigación se pretende estabilizar el proceso de fermentación post envasado y alargar la vida útil de la chicha de jora que es una bebida fermentada, empleando un sistema de envasado con ozono, así brindar mayores conocimientos y sentar las bases para obtener un producto con un mejor aspecto y un mayor valor agregado, por lo tanto, se plantean los siguientes problemas:

## **1.2. Enunciado del problema.**

### **a) Enunciado general.**

- ¿Se podrá envasar chicha de jora utilizando ozono como estabilizador de sistemas fermentativos?

### **b) Enunciado específico.**

- ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos de una chicha de jora tratada con un sistema de ozonización?
- ¿Cuál será el tiempo adecuado de exposición al ozono de la chicha de jora para su envasado adecuado?
- ¿Cuál será la vida útil de la chicha de jora tratada con ozono?

### 1.3. Objetivos.

A continuación, se presentan los objetivos del presente estudio de investigación:

#### c) Objetivo general.

- Evaluar la chicha de jora envasada utilizando ozono como estabilizador de sistemas fermentativos.

#### d) Objetivos específicos.

- Determinar los parámetros físico-químicos de una chicha de jora sometida a ozonización durante su envasado.
- Establecer un tiempo adecuado de exposición al ozono de la chicha de jora para su envasado.
- Determinar la vida útil de la chicha de jora tratada con ozono.

### 1.4. Justificación.

La chicha de jora como se concibe en su forma natural no es una bebida estable ya que se encuentra en pleno proceso fermentativo no controlado, por lo que constantemente están sucediendo alteraciones en las características fisicoquímicas: acidez, pH, densidad, °Brix y turbidez. Estos resultados también se verán influenciados por parámetros tales como insumos utilizados y tiempo de almacenamiento hasta el día del análisis, En la tabla 1, se muestra las variaciones de ciertas características físico químicas en función del tiempo.

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas de la fermentación natural de la chicha de jora.

Características fisicoquímicas	Tiempo (horas)				
	0	24	48	72	96
Acidez (% de ácido láctico)	2,7	3,1	3,5	3,7	4,0
pH	4,87	4,6	4,0	3,8	3,8
Alcohol (% en volumen)	---	2	8	9	9

Fuente: (De Florio, 1986)

En el presente trabajo de tesis se pretende investigar un método de conservación de la chicha de jora mediante el sistema de envasado con ozono para estabilizar la fermentación y/o inmovilizar el crecimiento microbiano, por lo cual es necesario controlar y monitorear en el tiempo los parámetros fisicoquímicos como: el pH, acidez, turbidez, densidad de la chicha de jora. Esta técnica nos ayudará a entender el cambio físico-químico y conllevará a sentar bases de conocimiento para obtener una chicha de jora envasada para el consumo humano, sin alterar sus características organolépticas, de esta manera lograr insertar en el mercado y difundir su comercialización de esta bebida ancestral y de valor nutricional importante.

### 1.5. Delimitación.

El trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de la EAPIA, de la universidad Nacional Micaela Bastidas. El tiempo que duro las evaluaciones realizadas para determinar la vida útil de la chicha de jora fue de 4 días donde se evaluó los parámetros fisicoquímicos (Acidez, pH, °Brix, Densidad, Turbidez) y organolépticos (sabor, aroma, color y textura) de cada muestra. El generador de ozono que se utilizó para los tratamientos de las muestras tiene un caudal del generador de ozono es 0.9L/min. El tiempo de evaluación de 4 días.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes.

Según (Acosta, 2012). “*Evaluación de la Fermentación Alcohólica Para la Producción De Hidromiel*”. La fermentación se realiza por un conjunto de levaduras y algunas clases de bacterias, se describe como un proceso de oxidación en el que la transformación de moléculas complejas a moléculas simples, lleva a la generación de un producto final orgánico, con liberación de energía, depende directamente de la concentración del sustrato. Sin embargo, factores como la temperatura, el pH y la concentración de nutrientes influyen directamente en el desarrollo de las levaduras y su efecto no siempre puede reflejarse dentro de una expresión meramente matemática ya que afecta el comportamiento general del sistema celular, alterando a su vez las características no solo fisicoquímicas sino sensoriales del producto final. Obtuvo un hidromiel con un contenido alcohólico de 10%, pH de 3.2 y una acidez total de 4.2 g/L, expresados como ácido tartárico. Con un nivel de metanol inferior a 20 ppm y una acidez volátil de 0.5g/L. Empleando un mosto de fermentación ajustado con una dilución de miel en agua de 17°Bx, una concentración de 0.4g/L de fosfato de amonio monobásico, que se trató previamente con metabisulfito de potasio a 100ppm.

Según (Rojas, 2018). *Optimización de parámetros del proceso de elaboración de chicha de jora*. Se evaluaron diferentes procesos de elaboración de chicha de jora para optimizar los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad para su consumo. Los mostos fueron obtenidos por litro de preparación con 200g de maíz jora molido, 50g de chancaca y 50g de azúcar morena y fermentados usando como 0,5g de levadura *S. cerevisiae*, previamente activada. Durante cada fermentación se evaluaron: temperatura de fermentación, densidad, pH, grados Brix y grado alcohólico. Finalizada la fermentación, la chicha se filtró, envasó, pasteurizó a 80°C por 5 min, selló al vacío y conservó a temperatura ambiente hasta su evaluación sensorial. A cada producto obtenido, le fue

asignada su calidad microbiológica mediante métodos estandarizados. Sensorialmente, cuatro muestras de chicha de jora obtenidas bajo iguales condiciones de fermentación y una muestra adquirida comercialmente como control, fueron evaluadas por un panel de 13 jueces semi entrenados mediante una prueba escalar de control de cinco puntos de intensidad creciente. La muestra de mayor preferencia fue evaluada por un panel de siete jueces entrenados para los perfiles de sabor, olor y textura/consistencia. Se estableció que se genera un buen producto y de gran aceptación (chicha de pH 4 a 4,3 y 4 a 5 °OH) empleando 15,63°Brix, pH 5,5 y densidad entre 1,15 y 1,35 g/L, obtenidos de maíz jora germinado bajo condiciones controladas, con la adición de 100 g/L de chancaca y 50 g/L de azúcar morena y fermentados de 60 a 72 horas.

(Vásquez, 2019). *Influencia de la temperatura de fermentación en las características fisicoquímicas de la chicha de jora, evaluados en dos variedades de germinados de maíz (zea mayz l.), INIA 603 y marginal 28.* El presente trabajo de investigación estuvo orientado a determinar la, Influencia de la Temperatura de Fermentación en las Características Fisicoquímicas de la Chicha de Jora, Evaluados en dos Variedades de Germinados de Maíz (Zea maíz L), INIA 603 y Marginal 28. Para el proceso de elaboración del producto, se utilizó el método tradicional de producción de chicha de jora de la región Cajamarca, Se realizó el proceso de germinación durante 15 días para obtener jora de las dos variedades INIA 603 y Marginal 28. En esta fase se utilizó proporción de agua de 1:2, con riegos prolongados en el germinador, manteniendo una temperatura de 18°-20°C. Se prepararon suspensiones de maíz jora en agua, se realizó la cocción para posteriormente filtrar cada una de las muestras por separado. Se inoculó, levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale S-04\_Spanish tipo ale); al filtrado se adaptó el sistema de respiración respectivo. Se distribuyeron cuatro (4) muestras por separado de las dos variedades para ser fermentadas a temperaturas de 19°C y 24°C, El proceso de fermentación fue de seis (6) días, durante este tiempo se evaluó cada 24 horas: pH, grados °Brix, grado alcohólico y acidez total. El análisis de los resultados se realizó teniendo en cuenta la fermentación de cada variedad de maíz (INIA 603 y Marginal 28); Los parámetros evaluados fueron analizados empleando el análisis de varianza (ANOVA), para determinar la significancia estadística considerando  $p > 0.05$ ; en caso de variabilidad se realizó la comparación múltiple con la prueba Tukey; en los que se hizo uso del paquete estadístico HPS. El análisis estadístico muestra que los resultados

óptimos se encuentran en la variedad INIA 603 tratada a temperatura de 19°C: pH: 3.42, acidez: 2.7 g/L. De Ácido tartárico, grados Brix: 5 y grado alcohólico: 5.7°GL.

## **2.2. Marco referencial.**

### **2.2.1. La chicha de jora.**

La chicha de jora es una bebida alcohólica obtenida por fermentación del maíz germinado. (García y Mamani, 2008). Esta bebida es oriunda del Perú y en la actualidad se consume en otros países de América del Sur.

La chicha de jora utiliza un maíz germinado, este proceso permite que los granos germinen y crezcan para obtener la jora, también llamada wiñapu (del quechua winay que significa crecer), lo que desencadena en un proceso enzimático del malteado, que no solo desdobra el almidón, sino que prepara el futuro sabor de la chicha. Esta germinación del maíz varía según la técnica y las plantas aromáticas empleadas, técnica o procedimiento que es propio en cada familia y lugar. Las transformaciones de la materia prima (desdoblamiento de las cadenas de almidón) sirven como fuente de carbono para los microorganismos responsables de la fermentación, ya que estos no pueden asimilar macromoléculas como almidón, proteínas, (Zapata, 2012).

“La chicha de Jora nace de la casualidad. Según se cuenta, durante el reinado de Túpac Yupanqui las lluvias deterioraron los silos de maíz. Como resultado, los granos de maíz se fermentaron y dieron lugar a la malta de maíz. El Inca, para evitar desechar el maíz, ordenó la distribución de malta para aprovecharla en forma de mote (maíz cocido en agua), pero, dadas las características organolépticas desconocidas del maíz, la terminaron desechando. Aquí es cuando se descubre: un hambriento, rebuscando en la basura, consumió la sustancia y quedó sumido en la embriaguez. Fue entonces que en el Antiguo Perú se descubrió el valor alcohólico del maíz”. (De Florio, 1985).

### 2.2.1.1. Germinación del maíz (Jora).

Según Vásquez (2007). El maíz amiláceo predomina en las zonas alto andinas del Perú por lo tanto se podría decir que es la más utilizada para la elaboración de la jora. La jora se puede definir como el producto de la germinación controlada de los granos, para limitar el desarrollo del talluelo y la radícula. El objeto del malteo es obtener una buena cantidad de enzimas con la menor cantidad de materia prima consumida. El proceso de malteo tiene las siguientes fases: acopio de materia prima, remojo, germinación, secado y almacenaje. Al momento de la absorción del agua, ésta permite la respiración del grano de maíz, así como la síntesis proteica y la síntesis de los almidones que es vital para el proceso fermentativo ya que se descompone en sus azúcares principales, además, provoca el rompimiento celular lo que da el origen de la radícula.

Durante el remojo la provisión de azúcar en el grano se agota rápidamente y la vida del embrión terminaría muy pronto si en este estado no tuviese la facultad de preparar por sí mismo las sustancias nutritivas necesarias para conservarla mediante la producción y segregación de enzimas o fermentos solubles, cuya única función es de transformar las sustancias de reserva del grano de insolubles o no disolubles en materias nutritivas solubles y difusibles las transformaciones químicas que se producen en el grano durante la germinación hay que atribuir las a las enzimas que ya existen en el grano y de las que se desarrollan durante la germinación.

Ullman (1965), citado por (Velásquez, 1982). Afirma que mientras el grano germina, en su interior, se van formando diastasas específicas, las cuales actúan sobre los distintos componentes del mismo, almidones, proteínas, elementos fosfatados, etc., por otro lado, se forma nuevos compuestos enzimáticos como carbohidratasas, lipasas, fosfatasas, proteasas y desmolasas, las cuales actúan en la sacarificación del mosto. La fosfatasa produce la desfosforilación del almidón reduciendo su viscosidad y favoreciendo su licuefacción. Las amilasas (algunos las llaman diastasas), actúan sobre el almidón transformándolo en dextrinas, que es un azúcar no fermentable por las levaduras, y sobre la dextrina transformándola en maltosa, que es el azúcar que contiene el mosto de malta, el cual puede ser transformado en alcohol por las levaduras.

(García, 2008). Una vez obtenidas las dos moléculas de piruvato, pasamos al ciclo de Krebs, el cual solo ocurre cuando el proceso se encuentra en presencia de oxígeno en donde es liberado el dióxido de carbono como deshecho de las reacciones conocidas como descarboxilaciones, cuando el hidrógeno es liberado las reacciones se conocen como reacciones de oxidación. (Peña et al, 2004). Transcurrido el tiempo necesario para la hidratación de los tejidos del grano empiezan a transportarse los componentes del maíz como son las proteínas, los carbohidratos, y lípidos.

#### **2.2.1.2. Elaboración de la chicha de jora.**

(Zapata, 2012), menciona que, en nuestro país, la chicha de jora se produce artesanalmente; su elaboración implica dos pasos: el primero la germinación y secado de los granos y el segundo paso la molienda y cocción, a lo que sigue la fermentación, la cual se realiza con o sin adición de azúcar de caña o chancaca (azúcar no refinada). El proceso de elaboración comprende de las siguientes etapas:

#### **2.2.1.3. Materia Prima:**

La materia prima es la "jora" o malta de maíz.

#### **2.2.1.4. Cocción:**

(García y Mamani, 2008). Se utiliza de 3 a 10 L de agua por cada kg de "jora" Esta operación consiste en la ebullición prolongada del mosto tiene una duración entre 6 a 24 horas. En esta etapa se realiza el agregado de sustancias aromáticas.

Durante la cocción, hecha por métodos tradicionales no se produce la hidrólisis enzimática debido a las temperaturas altas usadas, mayores a 80°C; también carece de enzimas, solarmente se extraen los componentes solubles de "jora". Desde esta óptica, no es necesario que el tiempo de cocimiento sea prolongado, porque a los 60 min, de iniciada la cocción se obtiene la mayor parte de la extracción de sólidos solubles de "jora".

#### **2.2.1.5. Filtración:**

Es la operación de separación del afrecho (fibra) del mosto; se realiza en frío o en caliente. En las formas tradicionales se utiliza fibra de algodón (cedazo); o como en la sierra, colocando el "ichu" en una cesta, para que actúe como medio de filtración de la chicha. Esta operación presenta dificultades por la alta presencia de almidón gelificado, la viscosidad y la posible presencia de beta-glucanasas detectadas, en alta cantidad, en una malta mal disgregada.

#### **2.2.1.6. Fermentación:**

Estamos en la etapa más importante en la elaboración de la chicha de jora, aquí es en donde se concentra el trabajo de investigación. La fermentación es un proceso anaerobio que transforma los jugos dulces de una matriz vegetal en una bebida alcohólica (Sempértegui, 2013). Para realizar un proceso fermentativo se debe tomar en cuenta los dos elementos claves en la fermentación que son el organismo y la materia prima, en el caso de la chicha de jora utilizaremos levaduras y el mosto de maíz de jora que hemos preparado.

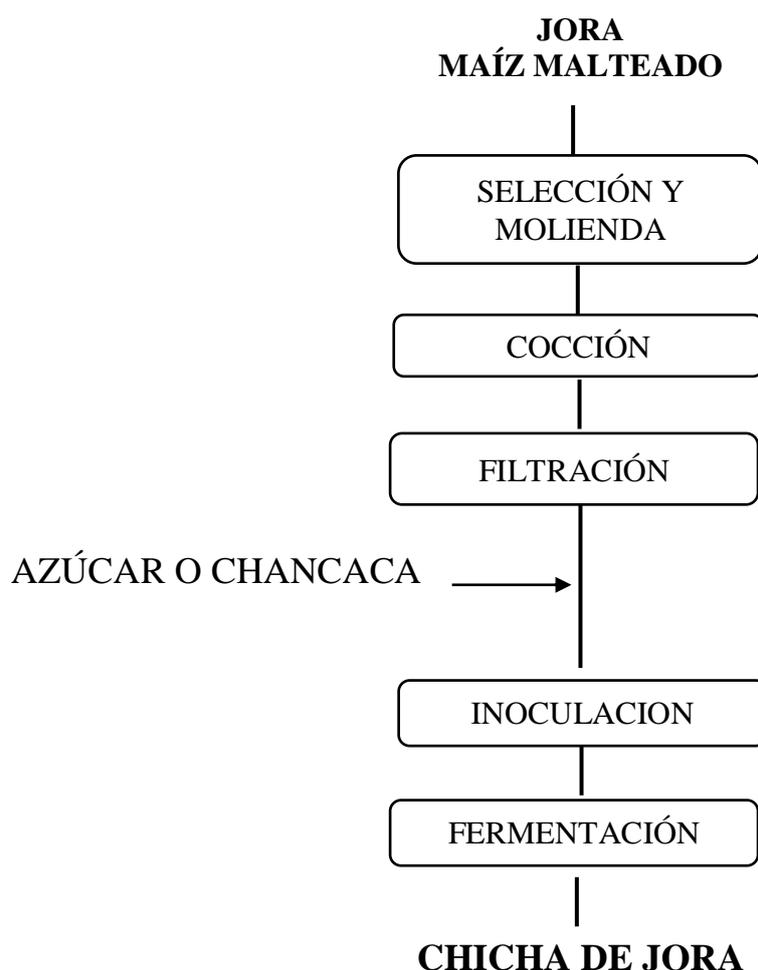
**Fases:** La fermentación comprende teóricamente dos fases:

### a) Inoculación.

Para la elaboración tradicional de la chicha de jora se utilizaba las levaduras consideradas como silvestres, es decir, no poseen la resistencia adecuada que es necesaria para los procesos industriales. (Sempértegui, 2013). Para la fermentación se deja el mosto en cantaros de arcilla en donde se produce la inoculación de microorganismos de manera natural ya que estos microorganismos se encuentran en las porosidades de estos recipientes y son los responsables de transformar el mosto jora en la chicha de jora. (García y Mamani, 2008). En la fermentación de la chicha de jora intervienen diversas especies de bacterias lácticas y levaduras que generalmente pertenecen al género *Saccharomyces*, en donde la especie *Saccharomyces cerevisiae* constituye la principal especie responsable de la fermentación de esta bebida.

### b) Fermentación.

Desde el punto de vista bioquímico es un conjunto de reacciones de oxidación-reducción que realizan unos microorganismos sobre compuestos de naturaleza orgánica, en ausencia de oxígeno y que libera energía y materia orgánica que según sus propiedades y características determinan el tipo de fermentación. Desde el punto de vista microbiológico (Vásquez, 2019), la actividad de algunos microorganismos procesa los hidratos de carbono por regla general azúcares: como pueden ser por ejemplo la glucosa, la fructosa, la sacarosa y el almidón. para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en forma de gas y unas moléculas de adenosintrifosfato (ATP) que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico. El etanol resultante se emplea en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, la sidra, entre otros.



**Figura 1.** Diagrama de operaciones en la elaboración de la chicha de jora.

Fuente: (De Florio, 1996). *Estudio de la fermentación de la chicha de jora*. Lima. Facultad de Industrias Alimentarias. Pp, 94.

### 2.2.1.7. Importancia nutricional de la chicha de jora.

(FAO, 2003). Como sabemos que la chicha de jora utiliza al maíz germinado como materia prima, por ende, todos los nutrientes que posee este se transmiten a la bebida para posteriormente ser utilizados en nuestro organismo. El maíz es un cereal y como tal es fuente de fibra y almidones, además, del aporte de proteínas, lípidos y agua, incluso,

es rico en hidratos de carbono, vitaminas del grupo B, y minerales importantes como el potasio, calcio y fósforo. Para (Jiménez, 2008), la chicha de jora es rica en vitaminas del grupo B, como la vitamina B1 que es necesaria para el desempeño adecuado del cerebro mediante la absorción de glucosa que se ingiere en la dieta diaria y por resultados los alimentos se conviertan en energía para poder seguir realizando las actividades diarias y mantener la mente atenta y ágil. Esta característica se puede observar en la **Tabla 2** nutricional que se presenta a continuación.

**Tabla 2.** Información de la composición de la chicha de jora.

CHICHA DE JORA	
Composición en 100g. de chicha de jora	
Energía (Kcal)	22-28
Agua (g.)	93.2-94.5
Proteínas (g.)	0.4
Grasa total (g.)	0.3
Carbohidratos totales (g.)	5.4-5.8
Carbohidratos disponibles (g.)	5.8
Fibra cruda (g)	0.2
Cenizas (g)	0.1-0.3
Hierro (mg)	0.3
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.02
Niacina (mg)	0.2
Ácido ascórbico reducido	2.4

Fuente: Tablas de composición de alimentos del MINSA. Centro de alimentación, 2003.

Se debe considerar de la misma manera a la vitamina B7 conocida como biotina que es aquella que ayuda al fortalecimiento del cabello y cuidado de la piel, además, con la

ayuda de la vitamina A se puede alargar la vida de las células, esto debido, a que se trata de una vitamina que actúa como antioxidante natural.

(FAO, 2003). La chicha es un alimento rico en fibra, y debido a que ésta se ha vuelto una moda en nuestro medio social, nos ayuda a la sensación de llenura y por lo tanto contribuye a la pérdida de peso y como consecuencia se reducen los niveles de colesterol, a parte, de colaborar con el crecimiento de la flora estomacal, ayuda al proceso de digestión combatiendo el estreñimiento. Como propiedades nutritivas del maíz también podemos resaltar su riqueza propia en magnesio que es fuente natural para las personas celíacas debido a su ausencia de prolaminas tóxicas.

De acuerdo a (Pomasqui, 2012). La chicha de jora es una bebida energizante, reguladora del metabolismo. Si se ingiere en poca cantidad, es rica en carbohidratos, vitaminas y minerales. Los principales microorganismos involucrados en la fermentación de la chicha son las levaduras y las bacterias lácticas, que actúan como prebióticos suplementarios de la dieta y como agentes beneficiosos para el desarrollo de la flora microbiana en el intestino. De acuerdo a los saberes de la medicina ancestral, el “concho” de la chicha de jora se recomienda para personas con afecciones de los riñones, vejiga e hígado.

### 2.2.1.8. Características organolépticas de la chicha de jora.

**Color.** Es variable, dependiendo de la materia prima utilizada en su elaboración. El color de la "chicha de jora" elaborada en Piura, varía de color blanco amarillento a blanco rosa, y el predominante es el pardo claro. El color varía de acuerdo al tiempo que dura la fermentación, iniciándose con el color pardo oscuro y tomándose en pardo claro.

**Aroma.** Es "sui generis", probablemente por las características particulares de los productos volátiles responsables del aroma de la "chicha de jora".

El olor no varía a lo largo de la fermentación.

**Sabor.** Es agridulce y agradable. El sabor es fuertemente influenciado durante la fermentación que se inicia con maíz dulce, pasando por el agridulce y terminando en agrio, poco dulce y ácido.

**Grado de claridad.** El grado de claridad de la "chicha de jora" es turbio.

**Sedimento.** Es el resultado de la precipitación de los sólidos insolubles: gomas, proteínas, levaduras, cuando la fermentación ha terminado, este se incrementa con el tiempo de elaboración de la chicha.

#### 2.2.1.9. Análisis sensorial.

Para (Elías et al. 1992) el análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que participan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos.

A su vez, (Heymann y Lawless, 2010), explican que la evaluación sensorial está comprendida por un conjunto de técnicas que sirven para la medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente que pueden sesgar la identidad de la marca y otras influencias de la información sobre la percepción del consumidor.

#### 2.2.1.10. Pruebas afectivas.

Según (Espinoza, 2007) este tipo de pruebas se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos. Los mismos en la mayoría de los casos se escogen atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta situaciones

económicas, demográficas, entre otros aspectos. Las pruebas afectivas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, de ahí que puedan llevarse a cabo en supermercados, escuelas, plazas, etc. Los resultados que de las mismas se obtienen siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles.

Las pruebas de tipo afectiva son las que se utilizan con el propósito de conocer el nivel de agrado o desagrado de un producto, esto es en qué medida el mismo gusta o no. Estas pruebas tienen gran aplicación práctica, de manera general son fáciles de interpretar y los resultados que de ellas se obtienen permiten tomar acciones importantes con relación a la venta del producto, posibles cambios en su formulación, entre otros.

#### **2.2.1.11. El papel de los panelistas.**

A través del análisis sensorial, los panelistas evalúan los distintos parámetros. Por un lado, el aspecto general del alimento, es decir, su color y brillo. También realizan análisis olfativo gustativo para medir el olor, el aroma y el sabor. La escala de valores va de más a menos y se mide el sabor por separado: dulce, amargo, ácido y astringente. Para analizar el aroma, los catadores expertos retienen en su cavidad bucal el alimento, lo que les permite dar con una escala de valores específica. Para evaluar la textura, se fijan en parámetros como la dureza, la viscosidad, la humedad o la pastosidad en la boca. El último paso es puntuar el grado de aceptabilidad en una escala que va desde "desagradable" a "muy desagradable".

Para (Espinosa, 2007), llevar a cabo esta labor minimizando la subjetividad individual de cada catador, la ciencia en este campo ha desarrollado en los últimos años técnicas normalizadas, prácticas específicas y estandarizadas que facilitan el análisis de los datos y la toma de decisiones finales. Además, los catadores reciben formación específica en forma de entrenamientos destinados a las necesidades de las industrias alimentarias. La formación en este campo es, por tanto, fundamental. Con el olfato y el gusto entrenados,

los catadores profesionales de alimentos pueden identificar la más sutil de las señales organolépticas.

#### **2.2.1.12. Vida útil.**

Para (Arzueto, 2012). La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo en el que, con unas circunstancias definidas, el producto mantiene unos parámetros de calidad específicos. El concepto de calidad engloba aspectos organolépticos o sensoriales, como el sabor o el olor, nutricionales, como el contenido de nutrientes, o higiénico-sanitarios, relacionados de forma directa con el nivel de seguridad alimentaria.

#### **Características de calidad:**

- Sabor
- Textura
- Apariencia
- Inocuidad/seguridad
- Nutrición

#### **Tipos de estabilidad:**

- Física
- Química
- Microbiológica
- Sensorial

### **Procesos de deterioro / tipos de reacción:**

- Transferencia de agua.
- Hidrolisis de sacarosa.
- Actividad enzimática (invertasa, lipasa, lipoxigenasa, polifenoloxidas)
- Rancidez (oxidativa, lipolítica/Hidrolítica)
- Degradación de vitaminas/minerales.
- Cambios de color/aspecto.
- Cambios de sabor/dulzura.
- Cambios de textura (cristalización, viscosidad)
- Crecimiento/ Actividad microbiana.

#### **2.2.1.13. Reacción de Maillard.**

La reacción de Maillard es un complejo conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando estos se calientan o someten a cocción. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas de las proteínas acumulan pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas. En la industria láctea se emplea como indicador de un procesado térmico excesivo. La reacción de Maillard avanzada puede seguir cinco rutas, dependiendo de las condiciones ambientales, del pH y la temperatura. (Loayza, 2015).

Se define también como una caramelización de los alimentos y como la reacción que proporciona color durante el proceso de cocción; por lo tanto, esta reacción es responsable del color, aroma, sabor; proceso inicia cuando se produce la reacción entre una molécula de hidrato de carbono y un aminoácido. Técnicamente la reacción de Maillard es denominada como glucosilación no enzimática de proteínas.

En la reacción de Maillard ocurren 4 fases:

- a) No existe producción de color. En esta fase se produce la unión entre los azúcares y los aminoácidos posteriormente se le dará el nombre de Amadori (azúcares + proteínas).
- b) Existe formación inicial de colores amarillos muy ligeros, así como la producción de olores algo desagradables. En esta fase se produce la deshidratación de azúcares formándose las reductoras o deshidroreductoras y a esto se sobreviene la fragmentación. En el paso posterior, conocido como la degradación Strecker, se generan compuestos reductores que facilitan la formación de los pigmentos.
- c) En esta tercera fase se produce la formación de los conocidos pigmentos oscuros que se denominan melanoidinas; el mecanismo es completamente conocido, pero es seguro que implica polimerización de muchos de los compuestos formados en la anterior segunda fase.
- d) La cuarta y última fase es la degradación de Strecker. En esta fase forman los denominados aldehídos de Strecker que son compuestos con bajo peso molecular que se detectan fácilmente por el olfato.

#### **2.2.1.14. Degradación de Strecker.**

Según (Miranda y Ventura. 2006). Se refiere a las reacciones entre los compuestos dicarbonilos, tales como los deoxiosulonas formados en la Reacción de Maillard, y las aminas, requiriendo alta temperatura o presión. En esta reacción de degradación, los aminoácidos reaccionan primero para formar las bases de Schiff por decarboxilación. La nueva base de Schiff es fácilmente hidrolizada para formar un amino y un aldehído. La degradación de Strecker es caracterizada por la producción de  $\text{CO}_2$  y el resultado es una reacción de transaminación, la cual es importante para la incorporación de nitrógeno en las melanoidinas. Los aldehídos formados (aldehído de Strecker) son importantes como componentes auxiliares de aroma y sabor y contribuyen a la formación de melanoidinas. Los aldehídos comunes de Strecker incluyen el aroma del etanal (con sabor a fruta), el metilpropanal (malta) y 2-feniletanal (aroma a miel y flores). La degradación de los productos Strecker están implicados en el almacenaje relacionado a sabores.

**a) Formación de color.**

Se acepta generalmente que las especies fluorescentes son precursores de la formación de los pigmentos marrones. El color ocurre debido a la formación de grupos cromóforos de componentes poliméricos de alto peso molecular ( $> 12,000$  Daltons) conocidas como melanoidinas. Estos son generalmente formados por la reacción de los productos de Amadori con otros dicarbonilos (deoxiosulosas con aminoácidos). El pH y la temperatura influyen en la formación de especies fluorescentes y pardas.

**b) Formación del aroma.**

Los compuestos heterocíclicos volátiles tales como pirazinas, pirroles, piridinas, oxazoles y oxalines son generalmente los responsables de la formación de los aromas derivados de Maillard. Los aromas son extremadamente complejos, están presentes en grandes cantidades y tienen umbrales sensoriales bajos. La generación de los aromas está influenciada fuertemente por el tiempo y temperatura.

**c) Formación del sabor.**

Ocurre levemente antes de la formación del pigmento marrón, pero es de forma paralela. Está influenciada por la formulación de pH, temperatura y actividad de agua. La mayoría de los sistemas modelos aminoácido azúcar forman compuestos similares a la misma temperatura.

**2.2.1.15. Óxido Reducción de alimentos.**

Antes de aplicar el concepto de potencial rédox, es necesario explicar los conceptos de oxidación y reducción. (Albarrán, 2008).

**Reducción:** Ganancia de electrones por parte de un átomo, molécula, grupo de átomo o grupo de moléculas.

**Oxidación:** Pérdida de electrones por parte de un átomo, molécula, grupo de átomos o grupo de moléculas.

Ocurren reacciones de oxidación – reducción (redox) cuando las sustancias que se combinan intercambian electrones. De manera simultánea, con dicho intercambio, tiene lugar una variación en el número de oxidación (estado de oxidación) de las especies químicas que reaccionan. El manejo del número de oxidación es imprescindible para el balanceo de las reacciones redox. (Garduño, 2005).

Según (Loayza, 2015). Todos los monosacáridos reducen los reactivos de Fehling y de Tollens y por lo tanto son azúcares reductores. La oxidación de los monosacáridos puede producirse de diversas formas, según el agente oxidante utilizado.

Los metales como el cobre y el hierro tienen un efecto catalizador sobre la formación de las melanoidinas, lo que indica el carácter de oxidación-reducción de la última etapa de este mecanismo. El oxígeno y las radiaciones electromagnéticas actúan de manera semejante. La ausencia de estos agentes (metales, luz y oxígeno) no previene el inicio de la reacción ya que sólo favorecen la polimerización final.

El potencial de oxidación reducción es bajo en alimentos frescos que contienen sustancias reductoras como la vitamina C, azúcares reductores y otros compuestos. (Castillo y Andino, 2010). El potencial redox indica las relaciones de oxígeno de los microorganismos vivos y puede ser utilizado para especificar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células sin recurrir al oxígeno molecular. Los microorganismos aerobios necesitan para crecer valores redox positivos mientras que los anaerobios frecuentemente requieren valores redox negativos. Entre las sustancias que ayudan a mantener en los alimentos condiciones de reducción se encuentran los grupos -SH, en las carnes y el ácido ascórbico y los azúcares reductores, en las frutas y verduras.

La medida del potencial de electrodo permite determinar el grado de reducción o de oxidación de una sustancia alimenticia determinada. Esta medida sugiere la posibilidad de clasificar los sistemas oxidantes y reductores de los alimentos en base a su intensidad.

### 2.2.2. Ozono.

El ozono (proviene del griego tener olor) es la forma alotrópica del oxígeno constituida por moléculas triatómicas del elemento del mismo nombre ( $O_3$ ). Si se le enfría a  $-112\text{ }^\circ\text{C}$  se convierte en un líquido azulado, capaz de solidificar a  $-193\text{ }^\circ\text{C}$  en una sustancia de color azul-violáceo oscuro, casi negro. (Jingquan, 2014). A temperatura y presión ambientales el ozono ( $O_3$ ) es un gas de olor acre y generalmente incoloro, pero en grandes concentraciones puede volverse ligeramente azulado. Si se respira en grandes cantidades, puede provocar una irritación en los ojos y/o garganta, la cual suele pasar después de respirar aire fresco por algunos minutos.

El ozono es una sustancia bastante inestable y altamente oxidante, usada como blanqueador y desinfectante, utilizándose cada vez con mayor frecuencia en los procesos de esterilización y potabilización del agua y como bactericida en la industria alimentaria. En la atmósfera terrestre suele concentrarse en la estratosfera formando una capa protectora denominada ozonósfera (ozono estratosférico) y nos protege de las radiaciones ionizantes de corta longitud de onda. Pero también se puede concentrar en las capas bajas de la atmósfera (ozono troposférico) donde se ha convertido en uno de los contaminantes más habituales de las zonas urbanas, con efectos claramente perjudiciales para la salud.

Por otro lado, el ozono es una de las moléculas con mayor potencia oxidante, es capaz de reaccionar con una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos. La reactividad química del ozono y el oxígeno difieren marcadamente y aunque el segundo se combina con prácticamente todos los elementos, lo hace solamente a elevadas temperaturas, mientras que el ozono lo hace en condiciones de reacción mucho más nobles (Menéndez et al., 2008).

El ozono se descompone fácilmente para formar dióxígeno, en un proceso claramente exoenergético, de acuerdo con la siguiente reacción:



Como además en dicho proceso se produce un aumento de entropía, se comprenderá ahora, porque en la superficie terrestre, al abrigo de radiaciones de corta longitud de onda, el ozono es altamente inestable.

### 2.2.2.1. Características del ozono.

- Peso molecular (PM): 48 mol/g.
- Temperatura de condensación:  $-112^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de fusión:  $-192,5^{\circ}\text{C}$
- Temperatura Crítica: 54 atm.
- Densidad relativa: 1,3
- Densidad (líquido a  $-182^{\circ}\text{C}$ ):  $1.572 \text{ g/cm}^3$
- Peso del litro de gas (a  $0^{\circ}$  y 1 atm.): 2.144 g.

### 2.2.2.2. Mecanismo de acción del ozono.

Se puede denominar ozonización a cualquier tratamiento en el que se aplique ozono. Aunque los más conocidos y desarrollados son las aplicaciones de ozonización sobre agua, no debemos olvidar que también se han aplicado para tratamientos ambientales, para desinfección, oxidación, desodorización, entre otros.

El ozono es la segunda molécula con más poder oxidante, superado solo por el flúor. Puesto que el ozono es un oxidante no contaminante (el ozono se reduce a oxígeno durante la oxidación de compuestos orgánicos), su uso es muy superior a la del flúor.

Desde mediados de los años 70, el ozono ha recibido una considerable atención luego de que se demostró que los radicales hidroxilos se forman en el agua ozonizada en la presencia de la luz ultravioleta (UV), o peróxido hidrógeno. Estos radicales hidroxilos son agentes oxidantes mucho más fuertes que el ozono en sí. (Lingquan, 2014).

En medicina se lo utiliza para desinfectar quirófanos y otras salas y para el tratamiento de distintas patologías (ozonoterapia), ya que posee numerosos efectos benéficos para el metabolismo y la salud. (Parzanese, 2012).

Según (Pérez, 2014). La acción microbicida del ozono se debe a su capacidad de oxidar componentes celulares vitales de muchos microorganismos. El principal punto de acción son los constituyentes de la superficie celular. Dependiendo del tipo de microorganismo, la pared celular está formada por distintos componentes, en las bacterias se constituye de peptidoglicano, entre las arqueobacterias se presentan distintas composiciones químicas, incluyendo glicoproteínas, polisacáridos. El ozono actúa sobre todos ellos oxidándolos a otros compuestos que ya no forman la pared celular, por lo cual se incrementa la permeabilidad y puede ocasionar la lisis celular. Además, una vez que penetró la célula, el ozono daña los constituyentes de los ácidos nucleicos (ARN y ADN), como consecuencia, los microorganismos no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como lo hacen frente a otros agentes desinfectantes.

(Liangji, 2008). El cloro se usa comúnmente en la industria de frutas y vegetales frescos para mejorar la calidad microbiana y controlar patógenos. Sin embargo, varios estudios han demostrado que tiene limitaciones en su capacidad para eliminar bacterias en la superficie de frutas y vegetales. Organizaciones ambientales y de salud han expresado su preocupación por los agentes sanitizantes tradicionales residuos químicos que se forman en las aguas residuales que regresan al ambiente. La industria está preocupada sobre la posibilidad de futuras restricciones regulatorias sobre el uso de cloro como agente sanitizante.

Las investigaciones y aplicaciones comerciales han indicado que el ozono puede reemplazar el cloro con mayores beneficios. En 1997, el ozono se declaró GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro) como desinfectante de alimentos por un panel

independiente de expertos patrocinados por (Liangji, 2008). A continuación, se presenta la **Tabla 3**, donde se muestra las diferencias de utilizar ozono y cloro.

**Tabla 3.** Diferencia entre cloro y ozono.

	Cloro	Ozono
Olor	Desagradable en agua	Ninguno
Sabor	Desagradable en agua	Ninguno
Color	Amarillento	Incoloro
Poder de oxidación	1.36v	2.07 v (superior al cloro)
Mecanismo de reacción	Oxidación indirecta	Oxidación directa
Característica de los residuos	Persistentes y peligrosos	Sin residuos
Acción bacteriana	Muy variable dependiendo de las especies. Origina resistencia.	Elevada. No origina resistencia
Acción antivírica	Prácticamente nula	Elevada
Acción antiparasitaria	Leve	Elevada
Antifúngica	Leve	Elevada
Actividad sobre quistes y esporas	Leve	Elevada
Actividad estructural en micro contaminantes (hidrocarburos, detergentes fenólicos, sustancias clóricas, plaguicidas).	Leve o ninguna	Elevada

Fuente.[http://w.w.w.cosemarozono.es/pdf/servicios\\_23pdf](http://w.w.w.cosemarozono.es/pdf/servicios_23pdf)

Además, es trece veces más soluble en agua que el oxígeno (Lingquan, 2014). Debido a su alto potencial de oxidación (2,07 V) es uno de los oxidantes más fuertes que se conocen, pudiendo oxidar hierro, manganeso y otros metales pesados. Esta característica otorga al ozono una capacidad de desinfección muy superior a la del cloro y otros desinfectantes comunes. En la **Tabla 4** pueden observarse varios ejemplos que lo demuestran, ya que remueve el 99% de los organismos patógenos (de cualquier grupo) con el menor valor de CT (concentración de desinfectante por tiempo de contacto).

**Tabla 4.** Eficiencia de Biocida para diferentes desinfectantes al 99% de eficiencia.

Agente patógeno	Desinfectante			
	Cloro libre	Cloramina	Dióxido de cloro	Ozono
	(pH 6-7)	(pH 8-9)	(pH 6-7)	(pH 6-7)
e.coli	0.0034-0.05	95-180	0.4-0.75	0.02
Poliovirus -1	1.1-2.5	768-3740	0.2-6.7	0.1-0.2
Rotavirus	0.01-0.05	3806-6476	0.2-2.1	0.006-0.06
Guardia lambia $\alpha$	47-150	2200	26	0.5-0.6
Cryptosporidium	7200	7200	78	05-10

Fuente: Manuel Rodríguez, German Rodríguez, Jean Serodes y Rehan Sadiq, 20. Valores CT (C(mg/L)xT(min)). Para diferentes desinfectantes.

Efectos sobre Bacterias.- (Parzanese, 2012.) El ozono ataca la pared celular de las bacterias, y rompe además su actividad enzimática al actuar sobre los grupos sulfhídricos en ciertas enzimas. A partir de este momento la bacteria pierde su capacidad de degradar azúcares y producir gases. El deshidrogenado de glucosa fosfato-6 es afectado del mismo modo que el sistema enzimático. La muerte de la bacteria puede ser debido a los cambios en la permeabilidad celular, posiblemente seguido de una lisis celular.

Efectos sobre los Virus.- (Parzanese, 2012.) Los virus son microorganismos acelulares, compuestos solamente de ácido nucleico y una proteína que lo encierra llamada cápside. El ozono actúa rompiendo esta cápsula viral, dejando el ácido nucleico desprotegido. Es probable además que el ozono modifique los sitios de la cápsula viral que el virus utiliza para fijarse a la superficie de las células.

### **2.2.2.3. Aplicaciones en la industria de los alimentos.**

En 1997 la U.S. Food and Drug Administration (FDA) reconoció al ozono como GRAS (Generally Recognized As Safe) para su utilización en contacto con alimentos. (Parzanese, 2012). No obstante, fue en 2001 cuando este organismo dio su fallo definitivo, y aprobó la normativa del uso de ozono como aditivo de alimentos, durante su procesamiento o almacenamiento.

(Liangji, 2008). El uso potencial del ozono en la industria de frutas y verduras depende del hecho como agente oxidativo, el ozono mata bacterias como *Escherichia coli*, *Listeria* y otros patógenos de alimentos mucho más rápido que los desinfectantes tradicionalmente usados, como el cloro y está libre de residuos químicos. Por ello, se lo utiliza como agente desinfectante en distintas aplicaciones, la más difundida es el tratamiento de aguas y en la desinfección de aire en distintos tipos de ambientes cerrados (posee acción microbicida y desodorizante).

### **2.2.2.4. Ozono en cámaras frigoríficas.**

La aplicación del ozono en cámaras, además de ayudar a garantizar la seguridad de los productos, constituye una importante ventaja económica al conseguir prolongar la vida media de estos: el ozono actúa en su superficie eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos y cuya presencia se hace patente por el aspecto brillante que transmiten a la superficie del producto en almacenes de carne,

donde puede haber contaminación con bacterias psicrófilas. (Pérez, 2014). Se obtienen los siguientes resultados:

- ✓ Conseguir una carne más tierna, debido a que el ozono estimula la acción digestiva de las enzimas.
- ✓ Asegurar la inocuidad de los productos cárnicos.
- ✓ Aumentar considerablemente el tiempo de almacenamiento, lo que extiende la vida útil de carnes y pescados.
- ✓ Disminuir significativamente las pérdidas de peso.
- ✓ Mejorar el aspecto visual del producto.
- ✓ Suprimir olores desagradables dentro de las cámaras frigoríficas.

Es interesante observar las diferencias que se presentan al comparar carne conservada en atmósfera ozonizada, con otra sin ozonizar:

**Tabla 5.** Diferencia entre carne ozonizada y carne sin ozonizar.

<b>CARNE OZONIZADA</b>	<b>CARNE SIN OZONIZAR</b>
Ausencia de hongos.	Presencia de hongos.
Carne tersa, limpia.	Carne con mal aspecto.
Color blanco rosáceo.	Coloración roja negruzca.
Pocas manchas de meta globina en superficie y ninguna en corte profundo.	Presencia abundante de meta globina en superficie y aumento en corte profundo.
Estabilización del pH.	Aumento de pH.
Ausencia de mezcla de olores y ausencia de los mismos.	Presencia de olor de diferentes carnes.
Mayor duración de la conservación	Menor tiempo de conservación.
Inhibición del crecimiento bacteriano	Crecimiento bacteriano en aumento.

Fuente: <http://w.w.w.viresi.com/ozinfotecaire10.php>

La eficacia del ozono como biocida está de sobra probada, eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos, por lo que su uso en la conservación de alimentos se viene recomendando, y está regulado, hace ya tiempo en Europa y Estados Unidos, tanto en agua como en aire, a temperatura ambiente y en cámaras frigoríficas. (Pérez, 2014).

#### **2.2.2.5. Ozono en la industria del vino.**

(Parzanese, 2012). El ozono se utiliza en la industria del vino en las etapas de desinfección de barriles, lavado de botellas y aseos CIP (Clean in place) de estanques, máquina llenadora, transportadores y sanitización de superficies. Es importante destacar que principalmente se usa agua ozonizada con diferentes concentraciones, debido a que se trata de operaciones de limpieza y desinfección de equipos. Las principales características y resultados de un tratamiento con ozono en bodegas, ya sea en estado gaseoso o disuelto en agua, son los siguientes:

- ✓ Se garantiza el control de la contaminación bacteriana sin afectar la madera de los barriles.
- ✓ Se requiere de tiempos de contacto corto para destruir completamente bacterias, virus y levaduras.
- ✓ Se trata de una tecnología limpia, ya que no genera subproductos que tengan que ser posteriormente tratados por problemas medioambientales.
- ✓ No origina problemas de corrosión.
- ✓ A diferencia del cloro, no genera inconvenientes posteriores al tratamiento respecto a las características organolépticas del producto.
- ✓ Se disminuye considerablemente el volumen de agua destinada a la desinfección, ya que es menor el número de enjuagues finales que deben hacerse.
- ✓ Utilizando agua ozonizada en concentraciones de 1 – 3 ppm por 20 minutos, se puede sustituir totalmente la etapa de aseos con uso de químicos, e incluso disminuir la frecuencia de las etapas alcalinas y ácidas de dichos programas.

#### **2.2.2.6. Ozono en el proceso de maduración de quesos.**

(Parzanese, 2012). Indica que la necesidad de humedad relativa elevada, para un óptimo proceso de maduración de quesos, puede ser un problema en la industria. En esas condiciones se desarrollan mohos en la superficie de los quesos, los cuales posteriormente deben ser quitados mediante lavado y raspado. No obstante, esto puede impedirse a través del uso de atmósferas ozonizadas en las cámaras de maduración, permitiendo trabajar a humedades relativas altas sin pérdidas de peso subsiguientes. Es importante destacar que el uso de ozono no afecta el aspecto ni el sabor de los quesos.

#### **2.2.2.7. Ozono en la conservación de huevos.**

El ozono, impide el desarrollo de aquellos microorganismos responsables de la descomposición de los huevos, prolongando el período de almacenamiento sin causar disminución alguna en la calidad de éstos. Los huevos se alteran por acción de bacterias y hongos, para evitarlo se conservan a baja temperatura, sin embargo, cuando la humedad relativa en su interior es alta, sucede que los microorganismos crecen entre la cáscara y la membrana. Por eso es primordial el control de esta humedad relativa. Está demostrado que utilizando concentraciones de ozono menores a 2-3 p.p.m. no se observa el crecimiento de mohos dentro del huevo, ya que se controla eficazmente la humedad relativa. Además, se controlan los olores de las cámaras de almacenamiento. (Parzanese, 2012).

### **2.2.3. Análisis fisicoquímico.**

#### **2.2.3.1. La acidez en alimentos.**

En alimentos el grado de acidez indica el % del ácido predominante en el material. Ejemplo: En aceites es el % en ácido oleico, en zumo de frutas es el % en ácido cítrico,

en leche es el % en ácido láctico. Se determina mediante una titulación la cual implica 3 agentes: el titulante, el titulado y el colorante. Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción que se puede observar con un colorante como es la fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>), que cambia de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base. El agente titulante es una base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido. Se emplea entonces la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Acidez} = ((A \times B \times C) / D) \times 100$$

Donde:

A = Cantidad en ml de hidróxido de sodio utilizados.

B = Normalidad del hidróxido de sodio.

C = Peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante en el producto.

D = Peso equivalente en miligramos.

#### 2.2.3.2. El pH en alimentos.

El pH es un valor que indica el nivel de acidez del producto y se mide en una escala de 0 a 14. Un valor de 7 es neutro. Los valores menores de siete son ácidos, los mayores de siete son alcalinos. El pH puede ser medido con diferentes dispositivos que van desde papel indicador hasta equipos portátiles. El valor pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion hidrógeno.

También se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH,

generalmente se emplea papel indicador que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores. (Vásquez, 2019).

### **2.2.3.3. Determinación de sólidos solubles (°Bx) en alimentos.**

Los grados Brix (°Bx) indican la cantidad de sólidos solubles, es decir, la consistencia del producto. Se determina mediante el índice de refracción el cual se basa en la dirección que toma un rayo de luz cuando incide en un medio de diferente densidad que el aire. (Vásquez, 2019). Los grados °Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en alimento expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los alimentos. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20 °C, detectores de horquillas vibratorias o con un caudalímetro másico.

°Brix = porcentaje de Azúcar presente en una solución. También representa la relación entre masa del azúcar y el volumen de la solución (g/ml) (Kg/L).

### **2.2.3.4. La densidad en alimentos.**

La densidad de los líquidos se mide mediante tres métodos: el del picnómetro, el de la probeta y el del principio de Arquímedes. Es necesario tener en cuenta la temperatura porque ésta influye en el valor de la densidad: a medida que aumenta la temperatura, la densidad del líquido se hace ligeramente menor. (Pomasqui, 2012).

Un picnómetro es un pequeño frasco de vidrio de volumen exacto y conocido ( $V_p$ ). Se pesa vacío ( $w_p$ ), luego se llena completamente (incluido el capilar) con el líquido cuya

densidad se desea determinar y finalmente se pesa ( $w_{pl}$ ). Con estos datos se puede calcular la densidad del líquido mediante la siguiente fórmula:

$$d_L = \frac{w_{pl} - w_p}{V_p}$$

### 2.2.3.5. Técnica de espectrofotometría en alimentos.

La espectrofotometría es una técnica que mide la interacción de moléculas con la radiación electromagnética. La luz que se encuentra en la luz visible y la luz ultravioleta de los espectros electromagnéticos presenta una energía de 150- 400 kJmol<sup>-1</sup>. La energía de la luz es usada para promover electrones de un estado de excitación a otro. Un espectro es obtenido cuando la absorción de luz es medida en función de una frecuencia o longitud. Moléculas con electrones deslocalizados en sistemas aromáticos a menudo absorben la luz a 150-400 nm (ultravioleta) o en la región visible de 400-800 nm. (Arenas y López, 2004).

$$E_{foton} = h \cdot \nu = h \cdot C / \lambda$$

Donde  $c$  es la velocidad de la luz,  $\nu$  es su frecuencia,  $\lambda$  su longitud de onda y  $h = 6.6 \cdot 10^{-34}$  J·s es la constante de Planck. Cuando decimos que una sustancia química absorbe luz de longitud de onda  $\lambda$ , esto significa que las moléculas de esa sustancia absorben fotones de esa longitud de onda. En esta práctica estudiaremos la absorción de luz en el ultravioleta cercano ( $\lambda \approx 325-420$  nm) y en el visible ( $\lambda \approx 420-900$  nm).

Los instrumentos que vamos a usar en esta práctica constan de una fuente de luz “blanca” caracterizada por un espectro de emisión continuo en un intervalo amplio de longitudes de onda (en nuestro caso 325 nm-900 nm) y de un monocromador que actúa como filtro óptico transmitiendo un haz de luz de longitud de onda fija  $\lambda$  e intensidad  $I_0$ . Este haz de luz penetra en la cubeta de análisis donde se encuentra la muestra. Un detector sensible a la luz mide la intensidad del haz a la salida  $I_f$ . (Arenas y López, 2004).

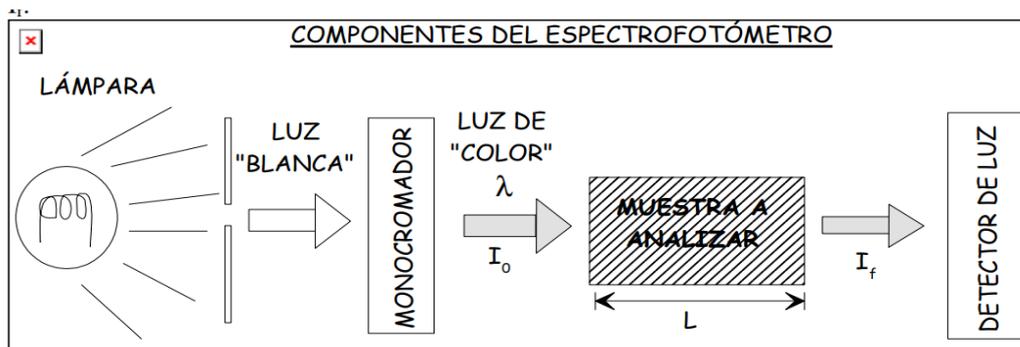


Figura 2. Componentes del espectrofotómetro

### 2.2.3.6. Técnica de rayos infrarrojos en alimentos.

En el espectro electromagnético, la radiación infrarroja está situada entre la luz visible y las ondas de radio. Las longitudes de ondas comprendidas en la zona del infrarrojo son más largas que la de la luz visible y más cortas que las de las ondas de radio. Consecuentemente, su energía es menor que la de las ondas luminosas, por lo que es más difícil detectarlas fotográficamente. En efecto, sólo las radiaciones infrarrojas de la zona más cercana a la región visible tienen suficiente energía para ennegrecer una placa fotográfica. La radiación infrarroja es debida a las vibraciones de los electrones, átomos y moléculas, y se propaga con la velocidad de la luz (300.000 de m/seg.), calentando los objetos que encuentra a su paso, ya que origina que los electrones, átomos y moléculas de que éstos están constituidos, comiencen a vibrar. (Arenas y López, 2004).

$f$ =frecuencia en Herz –  $\lambda$ =longitud de onda en nanómetro – Equivalencia:  $1^\circ\text{A}=0,1$  nm. Se dice que el espectro visible del hombre es entre 400 y 800 nm ó 4000 y 8000 °A.

### 2.3. Definición de términos.

- a) **ENVASE:** Es un producto fabricado en una gran cantidad de materiales que sirve para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de su proceso productivo, de distribución o de venta.
- b) **PET:** El tereftalato de polietileno, poliereftalato de etileno, polietilenoereftalato o polietileno; es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.
- c) **AQHA:** La palabra Aqha es una lengua quechua que significa chicha, que es una bebida de maíz fermentada oriunda de Sudamérica, particularmente difundida en Perú, Bolivia y Ecuador. Presenta diversas variedades según la región, pero su preparación se compone principalmente de la «jora», es decir, maíz malteado.
- d) **MICROORGANISMOS FERMENTADORES:** Los microorganismos son los responsables de la fermentación de cualquier tipo de producto, éstos pueden ser levaduras, mohos, bacterias o una combinación de ellos, siendo las primeras los microorganismos clave en la fermentación alcohólica.
- e) **LEVADURA:** La estructura de una levadura es la de una típica célula eucariota, la envoltura celular incluye la membrana citoplasmática constituida por un núcleo, una vacuola y numerosos gránulos y glóbulos de grasa. No contiene flagelos u otros órganos de locomoción. La pared celular está integrada por polímeros de glucosa y manosa, con cantidades pequeñas de proteínas, lípidos y quitina.
- f) **HONGO:** Palabra de origen latino (fungi) que designa a un grupo especial de seres vivos diferenciado de animales y plantas. Son organismos eucariotas, pluricelulares, salvo las levaduras que son unicelulares. Además de las levaduras (que se usan para fermentar la cerveza y el pan) forman el reino hongos, los

mohos y las setas. No son plantas pues carecen de clorofila; se alimentan por absorción, y son heterótrofos. Se nutren secretando hacia el exterior jugos digestivos, que se encargan de digerir sustancias alimenticias, que luego serán absorbidas.

- g) **BACTERIA:** Las bacterias son microorganismos procariotas que presentan un tamaño de unos pocos micrómetros (por lo general entre 0,5 y 5  $\mu\text{m}$  de longitud) y diversas formas, incluyendo filamentos, esferas (cocos), barras (bacilos), sacacorchos (vibrios) y hélices (espirilos). Las bacterias son células procariotas, por lo que, a diferencia de las células eucariotas (de animales, plantas, hongos, etc.), no tienen el núcleo definido ni presentan, en general, orgánulos membranosos internos. Generalmente poseen una pared celular y esta se compone de peptidoglicano. Muchas bacterias disponen de flagelos o de otros sistemas de desplazamiento y son móviles. Del estudio de las bacterias se encarga la bacteriología, una rama de la microbiología.
- h) **ABSORBANCIA:** El concepto de absorbancia se emplea en el terreno de la física. Se trata de la medida que refleja cómo se atenúa la radiación cuando atraviesa un elemento. La absorbancia puede expresarse mediante un logaritmo que surge a partir del vínculo entre la intensidad que sale y la intensidad que ingresa a la sustancia.
- i) **TRANSMITANCIA:** La transmitancia se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo. Existen varios tipos de transmitancia, dependiendo de qué tipo de energía consideremos. La transmitancia óptica se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO.

#### 3.1. Definición de variables.

##### a) Variable independiente.

- Método de Ozonización que se aplica durante el envasado de chicha de jora.
- Tiempo de ozonización de la chicha de jora.

##### b) Variable dependiente.

- Parámetros fisicoquímicos de la chicha de jora.
- Características organolépticas de la chicha de jora.
- El tiempo de vida útil (días).

##### c) Variable interviniente y/o extraña.

- Tipo de envase utilizado.

### 3.2. Operacionalización de variables.

**Tabla 6.** Operacionalización de variables.

VARIABLE CONCEPTUAL		VARIABLE OPERACIONAL	
VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	ÍNDICE
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>			
Método de Ozonización que se aplica durante el envasado de chicha de jora.	El ozono es un gas altamente oxidante (O <sub>3</sub> ), usado como agente bactericida.	Caudal	Litros/minuto
Tiempo de ozonización de la chicha de jora.	Es el tiempo de exposición al ozono con el que se tratará la chicha de jora antes de su envasado.	Tiempo de tratamiento	Minutos
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>			
Parámetros fisicoquímicos de la chicha de jora tratada con ozono.	Son características físicas y químicas de la muestra de chicha de jora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Acidez</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Densidad</li> <li>• °Brix</li> </ul>	Números (0-14) $\frac{g}{L} * \tilde{\alpha}. \text{láctico}$ Absorbancia (°A) g/ml Adimensional
Características organolépticas	Son cualidades propias de la chicha de jora.	Evaluaciones organolépticas (olor, sabor, aroma, color, textura)	Prueba afectiva a panelistas mediante formulario.
El tiempo de vida útil (días).	Tiempo de aceptación de ser consumido por un consumidor.	Tiempo	Días
<b>VARIABLE INTERVINIENTE Y/O EXTRAÑA</b>			
Tipo de envase utilizado.	El tipo de envase y su hermeticidad también influye en la vida útil de la chicha de jora.	Plástico (polietileno tereftalato)	PET.

### **3.3. Hipótesis de la investigación.**

#### **a) Hipótesis general.**

- Se podrá envasar chicha de jora mediante un sistema de envasado utilizando ozono.

#### **b) Hipótesis específicas.**

- Se podrá determinar los parámetros fisicoquímicos de la chicha de jora tratada ozonizada.
- Se podrá evaluar las características organolépticas de la chicha de jora ozonizada.
- Se puede determinar la vida útil de la chicha de jora ozonizada.

### **3.4. Tipo y diseño de investigación.**

#### **3.4.1. Tipo de investigación.**

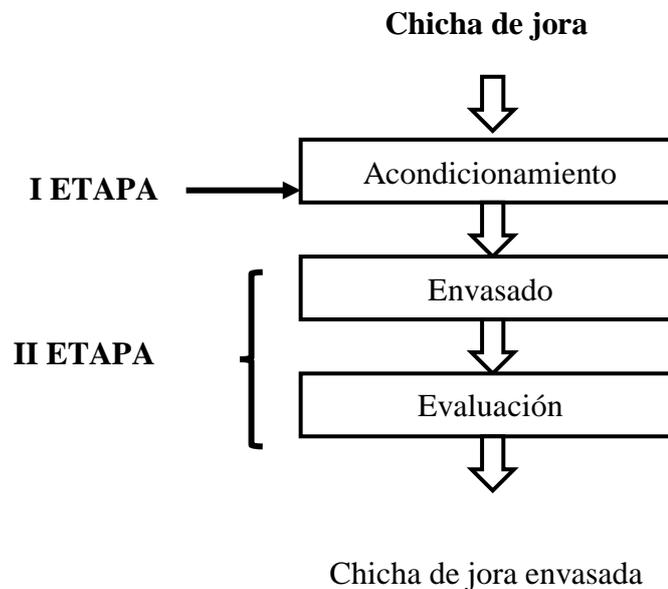
El desarrollo del presente trabajo de investigación es de tipo aplicada.

Con la finalidad de proponer bases de conocimiento para contar con una alternativa en el mercado de chicha de jora envasada, con un nivel de investigación experimental donde se manipulan las variables independientes; la aplicación de distintas formulaciones (tiempo y temperatura) para la determinación de parámetros adecuados de envasado de un producto apto para su comercialización.

#### **3.4.2. Diseño de investigación.**

En la investigación se utilizó el diseño experimental que se muestra en la tabla 07. Esta prueba se realizó con cuatro repeticiones y una original.

Constó de dos etapas:



**Figura 3.** Diagrama de flujo de elaboración del proyecto experimental.

**I ETAPA:** La primera etapa partió con el acondicionamiento de la chicha de jora donde se midió los parámetros iniciales de la chicha de jora antes de la ozonización aplicada con diferentes tratamientos.

**II ETAPA:** Se envasó 500 ml de chicha de jora en envases de PET. Luego se prosiguió a la ozonización; donde se aplicó los 5 tratamientos de ozonización en orden y de acuerdo a la tabla 7. El diseño experimental para cada muestra de chicha de jora, se trabajó con 5 réplicas para efectuar una evaluación diaria de parámetros en control durante una semana, se tomó en cuenta la temperatura ambiental (20°C).

**Tabla 7.** Diseño experimental (Formulaciones de la investigación).

Producto	Lugar de conservación	Envasado (500ml) por formulación	Tiempo de tratamiento con ozono (min)	Evaluación de parámetros Control
Chicha de jora	Al ambiente (20°C)	Muestra Blanco	0	-pH
		Muestra 1	1	-Acidez
		Muestra 2	2	-Densidad
		Muestra 3	3	-°Brix
		Muestra 4	4	-Turbidez
		Muestra 5	5	-Análisis sensorial

El caudal de alimentación fue de 0.9 L / min de ozono, producido en un ozonizador con oxígeno puro como fuente de alimentación.

### 3.5. Población y muestra.

#### 3.5.1. Población.

La para el trabajo de investigación estudio de Chicha de jora fue 50 litros, proveniente del distrito de Tamburco de la provincia de Abancay, Región Apurímac.

#### 3.5.2. Muestra.

La muestra que se tomó fue 500 ml por cada envase para realizar los tratamientos respectivos a la chicha de jora.

### **3.6. Procedimiento de la investigación.**

#### **3.6.1. Análisis fisicoquímico.**

##### **3.6.1.1. Determinación de acidez de la chicha de jora.**

Materiales y reactivos:

- 10 ml de muestra de chicha de jora centrifugado.
- Agente titulante Na (OH) a 0.1N
- Vaso precipitado
- Fenolftaleína
- Probeta 10 ml
- Bureta de 15 ml.

Procedimiento:

- Primero se midió 10 ml de chicha de jora en una probeta, previamente centrifugado, luego echamos la muestra a un vaso Erlenmeyer donde se añadió 3 gotas de fenolftaleína y se mezcló bien.
- Una vez acondicionado se niveló a cero el Na (OH) 0.1N en la bureta para registrar el respectivo gasto.
- Se prosiguió con la titulación con movimiento constantes de la muestra y salida del Na (OH) 0.1N en pequeñas gotas.
- Cuando la muestra empieza a cambiar de color a una tonalidad rosácea se cierra la salida de Na (OH) 0.1N y registra el gasto respectivo del agente titulado para determinar la acidez de la muestra.

### 3.6.1.2. Determinación de potencial de hidrogeniones (pH) de la chicha de jora.

Materiales e insumos:

- 20 ml de muestra de chicha de jora
- pH-metro.
- Agua destilada
- Papel absorbente
- Vaso precipitado
- Pipeta de 10 ml

Procedimiento:

- Se agitó bien el frasco antes de tomar la muestra.
- Con la pipeta se tomó 20 ml de chicha de jora.
- Luego se trasvaso la muestra a un vaso precipitado.
- Se llevó al pH-metro y registró el pH de la muestra de chicha de jora cuando se estabiliza la lectura.
- Para cada muestra a evaluar se lavó el pH-metro con agua destilada y se secó con papel absorbente.

### 3.6.1.3. Determinación de sólidos solubles en la chicha de jora (°Bx).

Materiales:

- Muestra de chicha de jora centrifugada
- Refractómetro AB

- Agua destilada en piseta
- Papel toalla
- Varilla

Procedimiento:

- Primero se limpió la placa del refractómetro con un poco de agua destilada y papel toalla cuidadosamente.
- Se ubica en el lente del refractómetro la línea de medida de °Brix, en la escala cero para calibrarla.
- Se tomó la muestra con una varilla y expandió cuidadosamente en toda la placa del refractómetro.
- Cerramos la tapa de la placa del refractómetro.
- Se ubicó la muestra en la placa, graduamos la coloración para identificar la muestra exactamente en el centro.
- Limpiamos con papel absorbente
- Luego colocamos la muestra a analizarse, de idéntica manera que le agua destilada, se cierra la tapa del refractómetro
- Registramos la medida marcada de °Brix en el refractómetro.
- Se procedió a limpiar el equipo.

#### **3.6.1.4. Técnica de espectrofotometría para la turbidez de la chicha de jora.**

Materiales y equipos:

- Espectrofotómetro
- Vaso precipitado
- Pipeta de 1 ml

- Pipeta volumétrica de 5 ml
- 1 ml de chicha de jora
- Alcohol en aerosol
- Papel toalla

Procedimiento:

- Primero se agita bien el envase de chicha de jora; luego se toma con la pipeta de 1 ml de muestra y se colocó a un vaso precipitado.
- Seguidamente se realiza una dilución de la muestra, se añade 5 ml de agua destilada y mezclamos.
- Luego se limpia la cubeta del espectrómetro con alcohol y papel toalla.
- Después se programa el espectrómetro a 240 nm para líquidos y se calibra el blanco cero con la cubeta vacía.
- Una vez programado se lleva la cubeta con la muestra diluida de chicha de jora sosteniendo de los laterales.
- Se coloca en el espectrómetro y se tapa.
- Se espera que reconozca la muestra. Una vez reconocido el espectro se registra la absorbancia.

### **3.6.1.5. Determinación de la densidad de la chicha de jora.**

Materiales:

- Picnómetro (10.4 ml)
- Muestra de chicha de jora
- Balanza analítica
- Papel toalla
- Embudo de vidrio

Procedimiento:

- Primero se registra el peso del picnómetro vacío.
- Se llenó con la muestra el picnómetro y se tapa.
- Luego se limpia con papel toalla toda la humedad del picnómetro, para obtener un peso más preciso.
- Después se pesa cuidadosamente y se registra el dato.
- La misma operación se realizó para todas las muestras.
- Se determinó la densidad para cada muestra de acuerdo a su fórmula.

### **3.6.1.6. Técnica de rayos infrarrojos para determinar el desarrollo de compuestos orgánicos en la chicha de jora.**

Materiales:

- Equipo de espectrofotométrico Infrarrojo (FTIR)
- Muestra de chicha de jora
- Pipeta de 5 ml
- Papel toalla
- Alcohol

Procedimiento:

- Primero se enciende el controlador del equipo (PC), se abre el programa de que recoge los espectros, en este caso se trabajó con el software OMIC
- Se calibra el equipo haciendo un blanco del fondo del ambiente (aire)
- Luego cuidadosamente se limpia con alcohol el sensor de rayos infrarrojos.
- Con una pipeta se toma una porción de la muestra y se añade 3 gotas de la muestra al sensor de rayos infrarrojos.

- Se captura el espectro de la muestra, realizando un barrido en un rango de 4000 a 400 nm de longitud de onda.
- Se almacena la información en una carpeta, para su posterior análisis con el software OMIC SPECTRA.

### 3.6.2. Análisis sensorial.

Las características sensoriales de la chicha de jora, se obtuvieron mediante una evaluación sensorial de tipo afectiva, la cartilla de evaluación puede observarse en el APENDICE1. EVALUACION SENSORIAL DE LA CHICHA DE JORA, la prueba se efectuó a panelistas voluntarios quienes evaluaron las muestras en estudio. El análisis sensorial de las muestras ayudó a determinar la aceptabilidad del consumidor, esta es una herramienta básica que ayuda a encontrar el tratamiento que menos le disguste al consumidor (panelistas).

**Tabla 8.** Prueba organoléptica a panelistas.

TRATAMIENTOS	N° DE PANELISTAS
Blanco	
Tratamiento 1 minuto	
Tratamiento 2 minutos	33 personas
Tratamiento 3 minutos	
Tratamiento 4 minutos	
Tratamiento 5 minutos	

La prueba de análisis sensorial se trabajó con 33 panelistas. La prueba consistió en invitar a cada voluntario que evalué las características que percibe de todos los tratamientos de ozonización y la muestra Blanco. Es decir, a cada panelista se le entregó 6 vasos con una muestra de chicha con cada tratamiento de ozonización.

Para pasar a evaluar cada muestra, se limpió los vasos con agua destilada para evitar una confusión en percibir las características organolépticas; según su criterio se llenó la cartilla de evaluación.

### **3.7. Material de investigación.**

#### **3.7.1. Instrumentos de investigación.**

### **Materia prima**

La materia prima utilizada para la investigación fue chicha de jora proveniente del distrito de Tamburco provincia de Abancay departamento de Apurímac.

### **Reactivos**

- Agente titulante Na (OH) a 0.1N
- Fenolftaleína
- Alcohol en aerosol

### **Materiales**

- Vaso precipitado
- Probeta 10 ml
- Papel absorbente
- Vaso precipitado
- Pipeta de 30 ml
- Piseta
- Varilla
- Pipeta de 1 ml

- Pipeta volumétrica de 5 ml
- Embudo de vidrio
- Bureta de 15 ml

## Equipos

- Refractómetro AB Marca: ATAGO
- Espectrofotómetro UV-VIS Marca: Spectroquant Pharo 300 M
- Picnómetro (10.4 ml) Marca: ISOLAB
- Balanza analítica Marca: SARTORIUS
- Equipo espectrofotométrico FTIR Marca: Thermo SCIENTIFIC- Smart TR + PC : LG - DELL
- pH-metro marca: SI Analytics Lab 850.
- Titulador Marca: MARIENFELD 25ml 1/10- EX 20°C
- Centrifuga: Centurión SCIENTIFIC Modelo K241-240w.

## CAPITULO IV

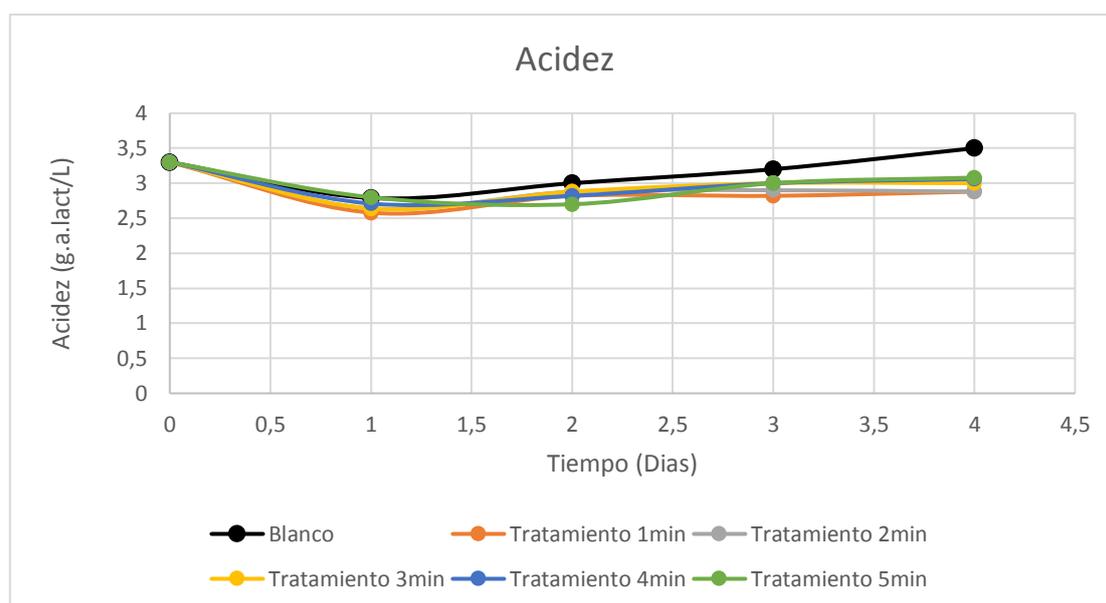
### RESULTADOS.

#### 4.1. Descripción de resultados.

Los resultados fisicoquímicos y estadísticos que se obtuvieron mostramos a continuación.

##### 4.1.1. Acidez:

En la Figura 4. Se muestra un descenso de las curvas el primer día de evaluación de todos los tratamientos incluido la muestra patrón curva de color negro; a partir del segundo día la acidez se mantuvo cercano a lo estable para todos los tratamientos de ozonización (1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos y 5 minutos), no hubo cambios bruscos en el comportamiento de la acidez del producto. Con respecto a la muestra patrón curva de color negro a partir del segundo día de evaluación hay un incremento de la acidez desde día 1 hasta el día 4. Lo que nos indica que existe presencia de microorganismos que siguen desarrollándose y alterando la acidez de la chicha de jora.



**Figura 4.** Comportamiento de la acidez de la chicha de jora.

#### 4.1.1.1. Prueba estadística ANOVA para variable acidez.

Al realizarse un análisis estadístico del comportamiento de la acidez en todos los tratamientos a los que fueron sometidos la chicha de jora se tiene:

ANOVA Multifactorial – Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

**Tabla 9.** Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo	0.38472	4	0.09618	1.64	0.2035
B:Tratamiento	0.17484	5	0.034968	0.6	0.7033
RESIDUOS	1.17336	20	0.058668		
TOTAL (CORREGIDO)	1.73292	29			

En cuadro ANOVA indica que ni el tiempo ni los tratamientos influyen significativamente en los valores encontrados de acidez, ya que su  $P_{\text{value}}$  es mayor a 0.05 como se observa en la tabla 9.

#### 4.1.2. Potencial de hidrogeniones (pH):

En la Figura 5. El pH de la muestra patrón la curva de color negro, el primer día y segundo día de evaluación se mantiene casi constante, el tercer día desciende rápido y el día 4 nuevamente intenta subir; este comportamiento del pH influye en la acidez, altera ciertas características organolépticas de la chicha de jora. Mientras las otras curvas a las que se realizaron tratamientos de ozonización descienden paulatinamente no bruscamente hasta el cuarto día de; estos resultados muestran la posible correlación que se da en varios procesos de fermentación alcohólica del pH con la acidez, mientras existe una ligera tendencia al incremento de la acidez, existe a la vez y en el mismo tiempo una ligera reducción de los valores del pH; aun así es importante notar la tendencia a la estabilización del pH en el tiempo de evaluación de los tratamientos de ozonización (1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos y 5 minutos), que se realizó a la chicha de jora hecho que es importante ya que el pH puede variar todas las características sensoriales del producto.

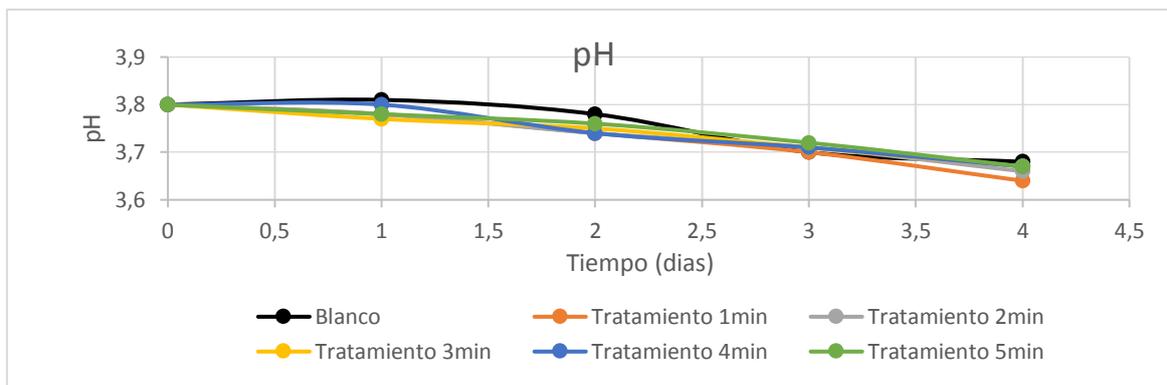


Figura 5. Comportamiento del pH de la chicha de jora.

#### 4.1.2.1. ANOVA para variable pH.

Para el caso del pH se tiene:

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

Tabla 10. Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo	0.000750867	4	0.0001877	168.1	0
B:Tratamiento	1.41667E-05	5	2.833E-06	2.54	0.062
RESIDUOS	2.23333E-05	20	1.117E-06		
TOTAL (CORREGIDO)	0.000787367	29			

Del análisis afectado se observa que la variable tiempo es significativa para el valor de pH, a un nivel del 95 % de confiabilidad.

#### 4.1.3. Sólidos solubles (°Brix):

En la Figura 6. Se observa un solo trazo de color verde son curvas montadas tienen el mismo comportamiento son aquellas que recibieron tratamientos de ozonización (1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos y 5 minutos). Además, desde el primer día de evaluación hasta el cuarto día se mantiene casi constante, lo que indica que no hay consumo de azúcares por levaduras y otros microorganismos presentes en la chicha de jora.

La muestra patrón, que es la curva de color negro tiene un descenso rápido de los azúcares, es por la acción de las levaduras y otros microorganismos que habitan en la chicha de jora, estos toman los azúcares fermentables como fuente de carbono y convierten a los azúcares fermentables en alcohol, por eso es la reducción notoria de los grados °Brix esta reacción se conoce como la reacción de Maillard, la degradación de Strecker y algunos procesos oxidativos de los carbohidratos presentes en la chicha de jora, los cuales acabarán influyendo en el color, olor y sabor del producto.

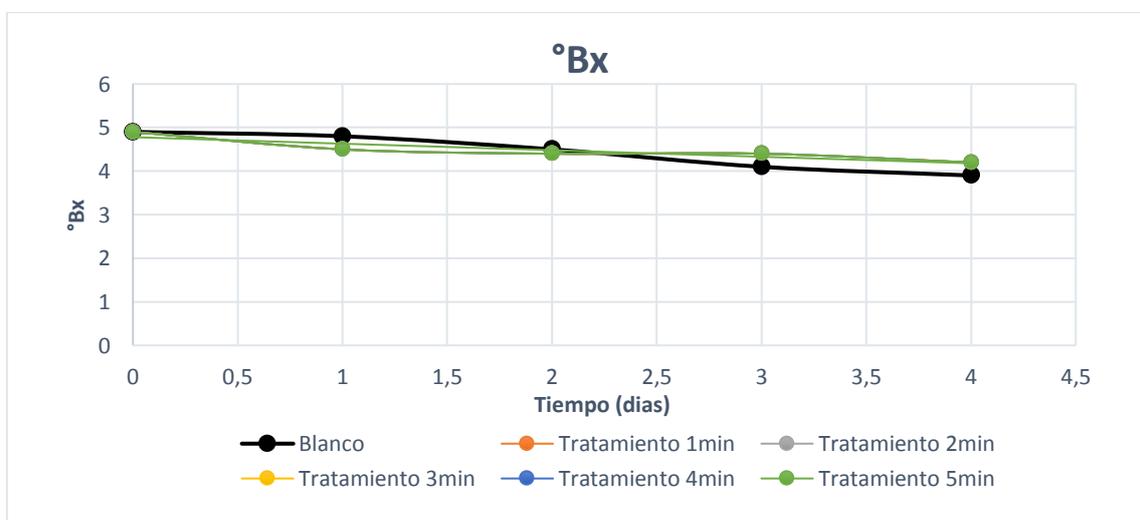


Figura 6. Comportamiento de °Brix de la chicha de jora.

#### 4.1.3.1. ANOVA para variable °Brix.

Para el caso de °Brix se tiene:

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

**Tabla 11.** Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III

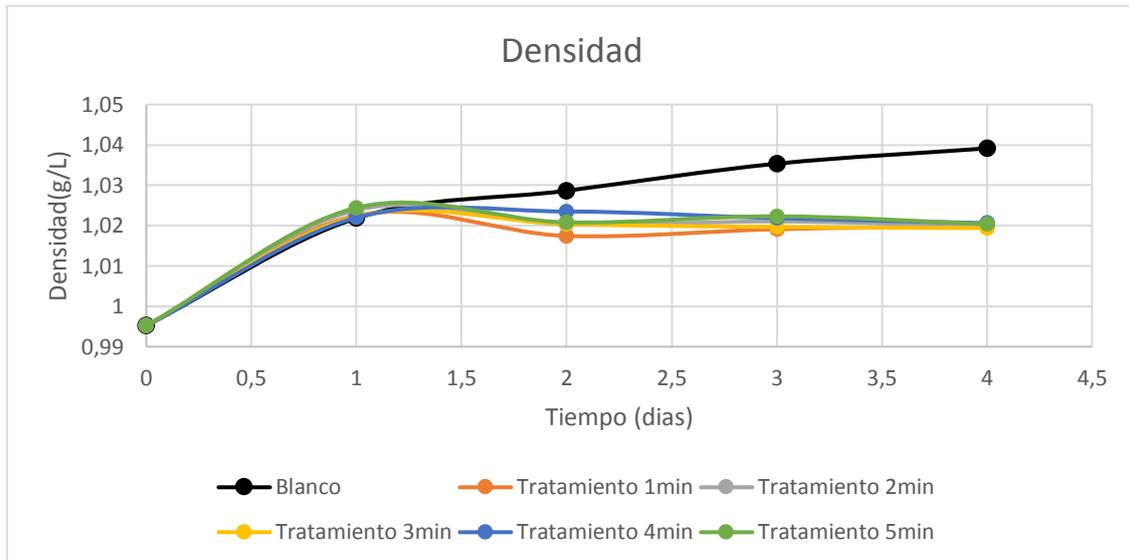
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo	0.0264533	4	0.0066133	79.36	0
B:Tratamiento	0	5	0	0	1
RESIDUOS	0.00166667	20	8.333E-05		
TOTAL (CORREGIDO)	0.02812	29			

El cuadro ANOVA indica que el tiempo es significativo para los valores de °Brix, pero el tratamiento con ozono no es significativo.

#### 4.1.4. Densidad:

En la Figura 7. La curva patrón de color negro asciende desde el primer día hasta el cuarto día lo que indica que la densidad incrementa de manera exponencial por acción de las levaduras que producen la biomasa cambia no solamente la densidad si no también la viscosidad de un producto fermentado, a diferencia de las otras curvas que se realizaron tratamientos de ozonización (1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos y 5

minutos). El primer día incrementa su densidad, a partir del segundo día da indicios de estabilidad.



**Figura 7.** Comportamiento de la DENSIDAD de la chicha de jora.

#### 4.1.4.1. ANOVA para variable densidad.

Para el caso de la Densidad se tiene:

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

**Tabla 12.** Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo	3.82889	4	0.957224	54137616	0
B:Tratamiento	1.35E-07	5	2.71E-08	1.53	0.2248
RESIDUOS	3.54E-07	20	1.77E-08		
TOTAL (CORREGIDO)	3.8289	29			

En este cuadro se observa que el valor-P es menor a 0.05 para el tiempo y para el tratamiento es mayor. Lo que quiere decir que el tiempo influye significativamente en densidad de chicha de jora, pero el tratamiento no influye en este parámetro.

#### 4.1.5. Turbidez:

En la Figura 8. Se observa que la curva patrón de color negro incrementa la turbidez a partir del primer día hasta el cuarto días. En cambio, en las otras curvas que recibieron tratamientos con ozono mantienen la turbidez casi estable sin comportamientos bruscos. Esto por la acción del ozono sobre los microorganismos es que los ha oxidado al punto de hacerlos inviables y por eso se ha inactivado el crecimiento microbiano, en la chicha de jora existen un conjunto de diferentes microorganismos como bacterias ácido lácticas, bacterias acéticas, mohos, levaduras, entre otros, siendo un conjunto de microorganismos heterogéneos, la forma más eficiente de monitorear su desarrollo es en el control de la turbidez del producto, ya que en función del tiempo al desarrollarse la biomasa de todos los microorganismos presentes en la chicha.

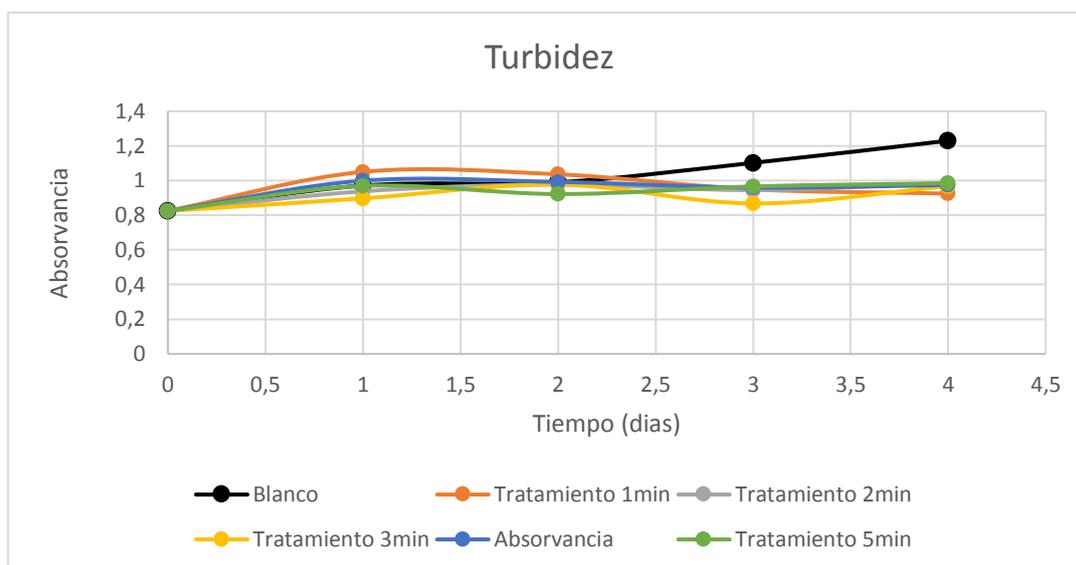


Figura 8. Comportamiento de la TURBIDEZ de la chicha de jora.

#### 4.1.5.1. ANOVA para la turbidez.

Para el caso de la Turbidez se tiene:

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

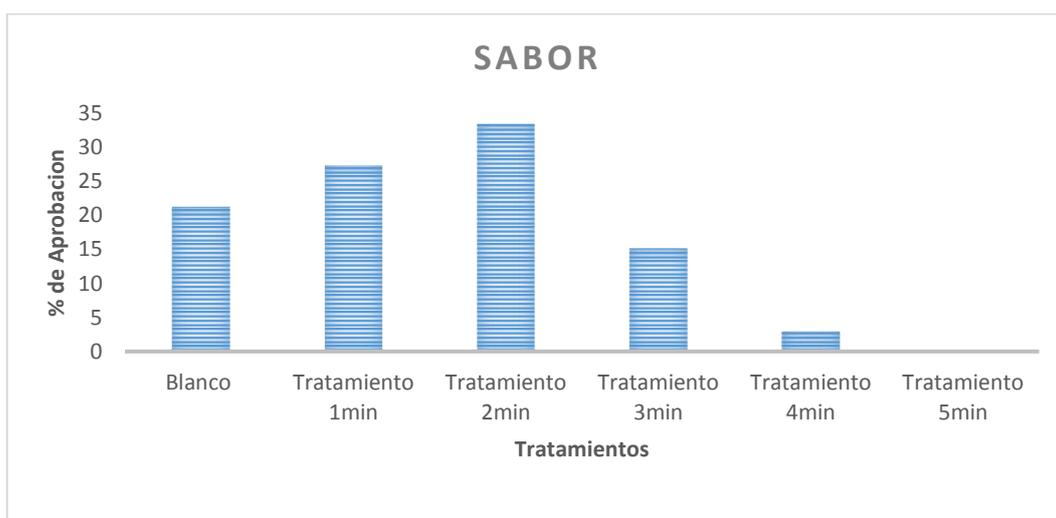
Tratamiento

Tabla 13. Análisis de Varianza para Respuesta - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	0.0878451	4	0.0219613	15.22	0
B:Tratamiento	0.0116402	5	0.002328	1.61	0.2021
TOTAL (CORREGIDO)	0.128335	29			

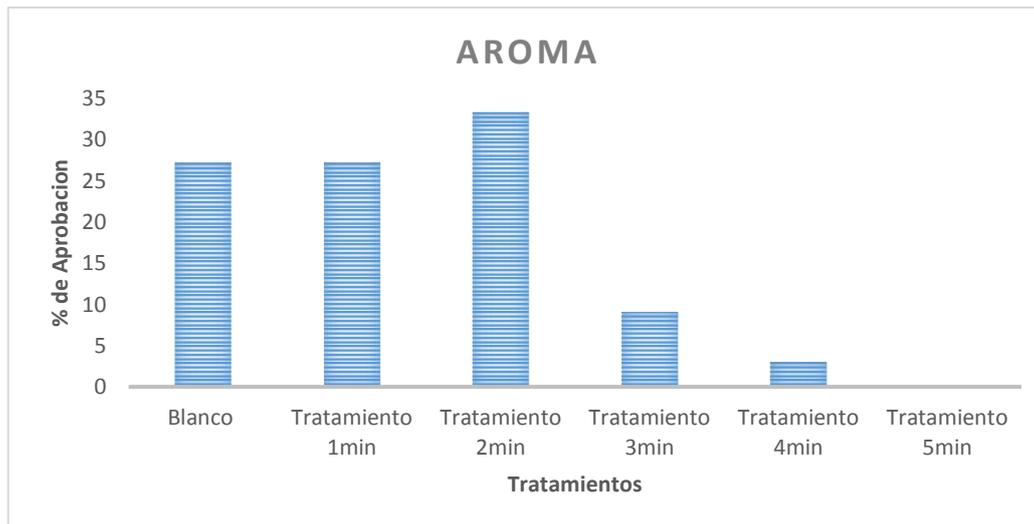
Aquí el valor-P es menor a 0.05 para el tiempo y para el tratamiento es mayor, Lo que quiere decir que el tiempo influye en la turbidez de la chicha de jora, y el tratamiento no influye en su variación en el tiempo.

#### 4.2. Análisis sensorial.



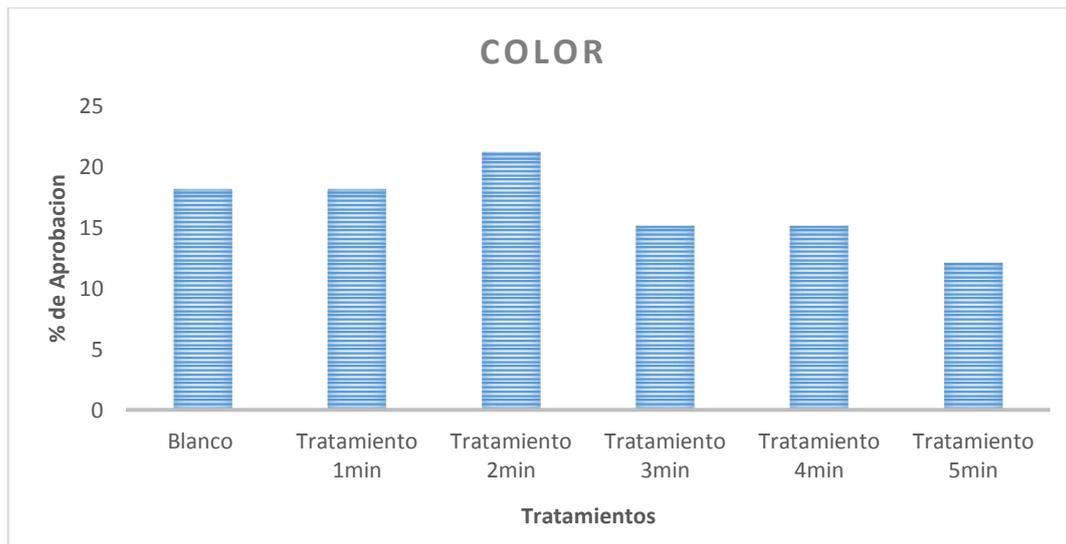
*Figura 9.* Evaluación sensorial del SABOR al panelista.

En la Figura 9. Observamos que el tratamiento más aprobado por los panelistas en cuanto al SABOR es el tratamiento de 2 minutos y menos aceptado es el tratamiento de 5 minutos.



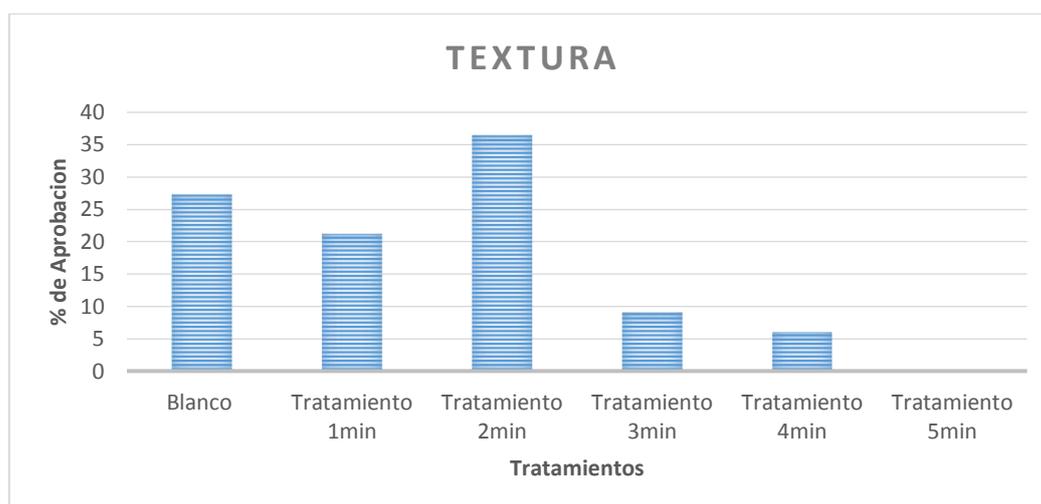
**Figura 10.** Evaluación sensorial del AROMA al panelista.

Aquí en la Figura 10, se observa que el tratamiento más aprobado por los panelistas en cuanto al AROMA es el tratamiento de 2 minutos y menos aceptado es el tratamiento de 5 minutos.



**Figura 11.** Evaluación sensorial del COLOR al panelista.

En cuanto al color de la chicha de jora en la Figura 11. Se observa que no hubo mucha controversia casi todas las muestras evaluadas mantienen un color característico de la chicha de jora, sin embargo; el tratamiento más aceptado por los panelistas es el tratamiento de 2 minutos y el menos aprobado el tratamiento de 5 minutos.



**Figura 12.** Evaluación sensorial del TEXTURA al panelista.

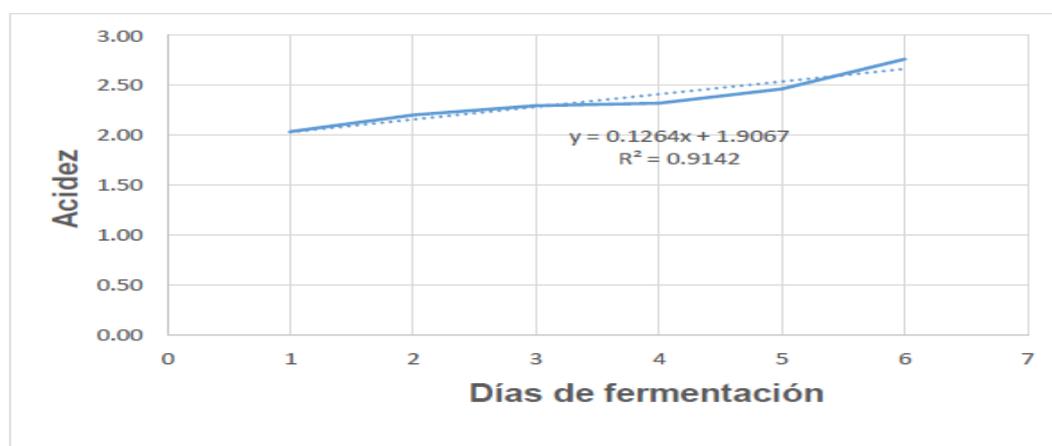
Con respecto a la textura en la Figura 12, el tratamiento de 2 minutos lidera la aprobación de aceptabilidad o preferencia a diferencia del tratamiento de 5 minutos que tiene cero aceptabilidades.

### 4.3. Discusión de resultados.

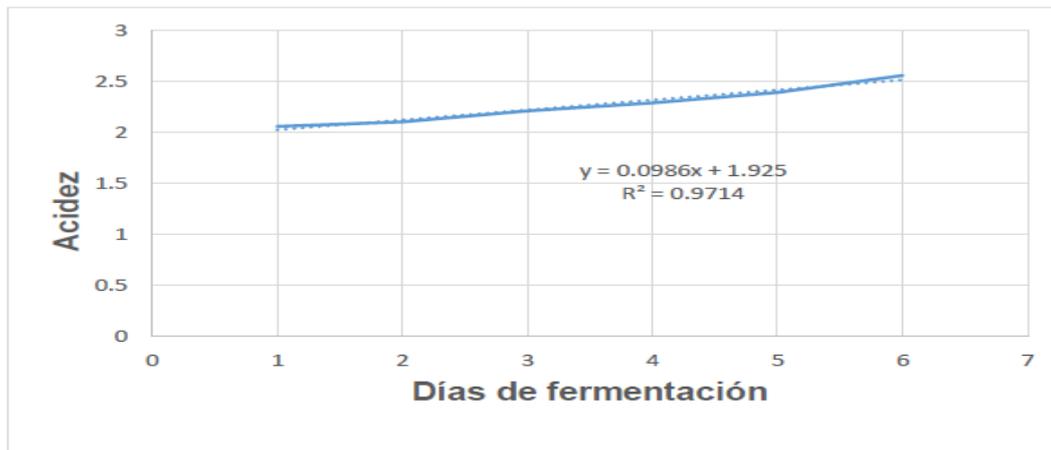
#### 4.3.1. Análisis fisicoquímicos.

##### 4.3.1.1. Acidez.

(Vásquez, 2019), en su estudio. *Influencia de la temperatura de fermentación en las características fisicoquímicas de la chicha de jora, evaluados en dos variedades de germinados de maíz (zea mayz l.), INIA 603 y marginal 28*. Muestra la Figura 13 y Figura 14; donde se visualiza el incremento de acidez en el proceso de fermentación teniendo un resultado final de 2.77 g/L de acidez expresado como ácido tartárico. Debe destacarse la tendencia de los valores de acidez total se incrementan conforme aumenta el tiempo de cocción, lo que hace que exista mayor sustrato o mayor hidrolisis del almidón lo cual es aprovechado para la producción de biomasa en la etapa de fermentación. Como consecuencia, se produce el desdoblamiento de nutrientes como almidón, proteína y grasa mediante la acción de enzimas, lo cual puede estar relacionado con la liberación de ácidos. Las bebidas fermentadas tienen una reacción ácida, que es debido a los ácidos orgánicos que ellos contienen; como en el caso de los ácidos tartárico, málico, entre otros.



**Figura 13.** Evaluación de acidez de la variedad de maíz **Marginal 28** a 19°C.



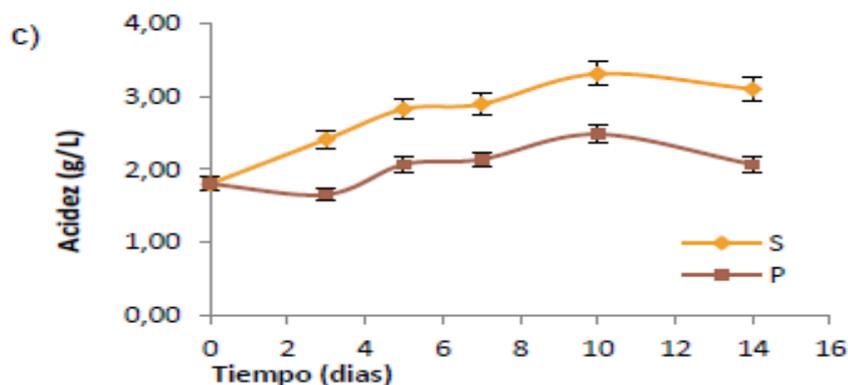
**Figura 14.** Evaluación de acidez de la variedad **Marginal 28** a 24°C.

De acuerdo a los resultados que obtuvimos en este trabajo de investigación como se muestra en la Figura 5, Comparamos primero el comportamiento de la acidez para el caso de la muestra patrón de la chicha jora la curva de color negro empieza con una acidez de 3.3 g/L de ácido láctico y asciende a 3.4 g/L de ácido láctico. Tiene el mismo comportamiento que la Figura 13 y la Figura 14 como ha mencionado (Vásquez, 2019) este ascenso se debe al desarrollo de la Biomasa.

En nuestra tesis se realizó diferentes tratamientos de ozonización a la chicha de jora para evitar este desarrollo de la biomasa que influye en la acidez de la chicha de jora. Como vemos en la Figura 4, todos los tratamientos con ozono empiezan a estabilizar paulatinamente a partir del segundo día esto porque el ozono ha inmovilizado el conjunto microorganismos, levaduras, hongos entre otros, que son las causantes de producir mayor acidez a la chicha de jora.

En la investigación que realizó (Acosta, 2012). *Evaluación de la Fermentación Alcohólica Para la Producción De Hidromiel*. Donde el tratamiento por sulfitado al mosto (ensayo S), alcanzó una acidez titulable final de 3.5g/L, mientras que el tratamiento térmico (ensayo P) se desarrolló un nivel de 2.5g/L. En el proceso se evidenció un acentuado incremento generado durante los ocho primeros días de proceso, con una posterior estabilización, Figura 16. Cabe anotar, en comparación con etapas

previas, a través del pre tratamiento el desarrollo de la acidez mostró un comportamiento más controlado.



**Figura 15.** Comportamiento de la acidez titulable en la tercera etapa de fermentación.

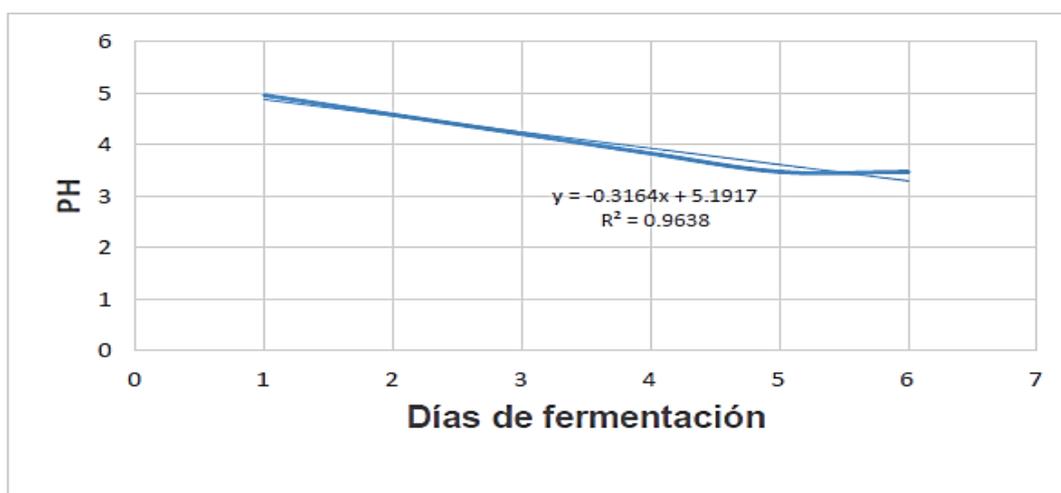
Ensayos con pretratamiento del mosto: S (sulfitado) y P (tratamiento térmico). Evaluados a través del uso de diferentes levaduras de fermentación: a) Levadura L1. b) Levadura L2. c) Levadura L3.

(Acosta, 2012), logra estabilizar la acidez de la chicha de jora con dos métodos: con sulfito y tratamiento térmico. En nuestros resultados obtenidos en la Figura 4, se realizó tratamientos de ozonización a la chicha de jora y empiezan a estabilizarse después de recibir el ozono, a diferencia de la chicha de jora patrón curva de color negro que empieza a ascender poco a poco esto por lo que menciona (Vásquez, 2019) anteriormente en su trabajo de investigación. Con esto podemos decir que logramos estabilizar el incremento de la acidez en la chicha de jora con tratamiento de ozonización para evitar ciertas alteraciones en las características fisicoquímicas y organolépticas del producto.

#### 4.3.1.2. Potencial de hidrogeniones (pH).

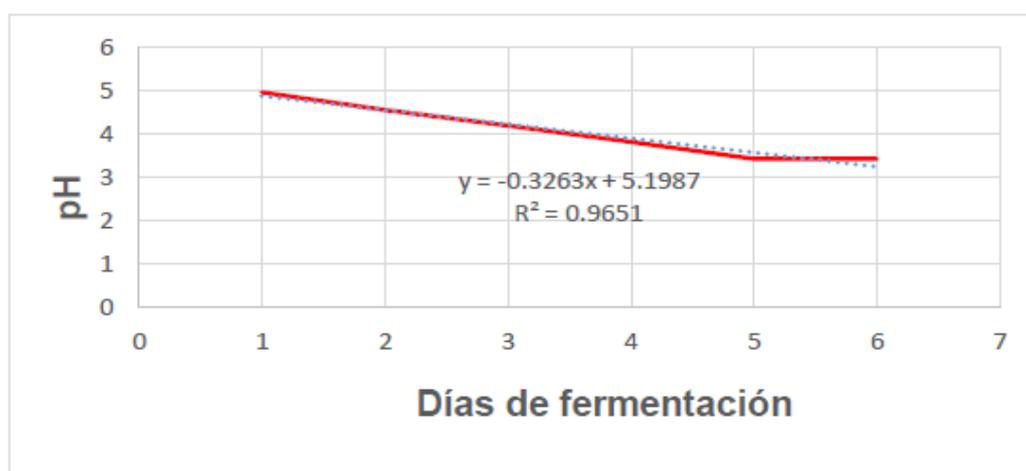
Según, (Vásquez, 2019) en su trabajo de investigación. *Influencia de la temperatura de fermentación en las características fisicoquímicas de la chicha de jora, evaluados en dos variedades de germinados de maíz (zea mayz l.), INIA 603 y marginal 28*. Nos dice que cada organismo tiene un rango de pH bien definido dentro de los cuales es posible el crecimiento, así el pH óptimo de crecimiento para las levaduras es de 4.5 a 6.5, pero pueden crecer, como en el caso de las *S. cerevisiae* entre 2.3 a 8.6; se sabe que a pH bajos se evita el desarrollo de las bacterias patógenas como *E.coli*, *Salmonella sp*, entre otras, cuyo pH de desarrollo óptimo se encuentra en el rango de 4.4 a 9.0 de esta manera no presentan problemas potenciales para la salud.

En la Figura 16, se observa que el pH es descendente desde 4.95 hasta 3.47 aproximadamente, este descenso se debe a que las concentraciones iniciales de almidón son altas, el rango de pH es de 2.8 a 3.8, además obtiene en sus estudios realizados resultados de pH de 3.6 y con el desarrollo de la fermentación este valor alcanzó un nivel promedio de 3.4, también menciona a medida que el pH disminuye la acidez aumenta.



**Figura 16.** Evaluación del pH de la chicha de jora de la variedad **Marginal 28** a 19°C.

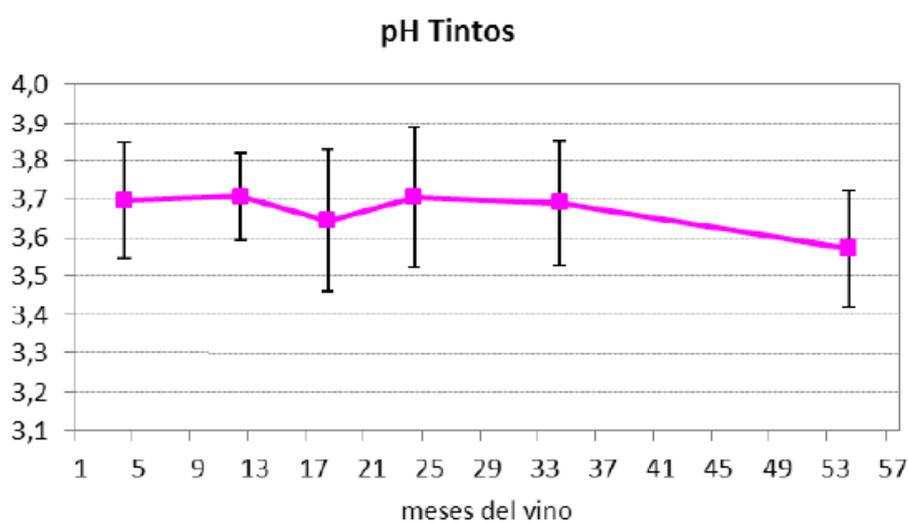
En la Figura 17, se observa que el pH es descendente desde 4.95 hasta 3.42 aproximadamente esto se corrobora. Según (Vásquez, 2019), el pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. El pH promedio cuando es bajo, favorece el mantenimiento de los microorganismos que participan en la fermentación de esta bebida, como son las levaduras.



**Figura 17.** Evaluación del pH de la variedad **Marginal 28** a 24°C.

En los resultados que obtuvimos en la Figura 5. Se observa un descenso paulatino del pH, comienza con un pH 3.8, una vez realizado los tratamientos de ozonización durante los 4 días de evaluación todas las curvas ascienden lentamente el tratamiento que más disminuye el pH es del tratamiento de 1 minuto llega hasta un pH de 3.64. Con respecto a la curva patrón curva de color negro es la que más claro muestra su comportamiento en descenso a diferencia de las otras curvas que demoran en disminuir. Sin embargo, estos datos se vinculan con los resultados de (Vásquez, 2019), en sus estudios realizados obtiene resultados en la Figura 17, donde se observa que el pH es descendente desde 4.95 hasta 3.47 esto nos ayuda a encontrarnos dentro de ese margen de pH promedio porque cuando es bajo, favorece el mantenimiento de los microorganismos que participan en la fermentación de esta bebida, como son las levaduras.

Según, (Contreras, 2017), en su trabajo estadístico. *Estudio De La Evolución De Parámetros De Color En Vinos De Ribera Del Duero, Utilización De Herramientas Estadísticas Y Aplicaciones De Interés Para La Industria Vinícola*. A través Figura 18. Donde el valor del pH se mantiene bastante constante, hasta los tres años de su embotellamiento, disminuyendo ligeramente con el tiempo desde entonces, con una acidificación de 0,13 unidades de pH de media. Esto está en relación con la lógica acidificación de los vinos y deberá ir en concordancia con los cambios operados en la acidez total y volátil. Como se observa, los valores promedio van de 3,7 hasta 3,56. Por otra parte atendiendo al margen de variación estaría entre 3,4 y 3,9.



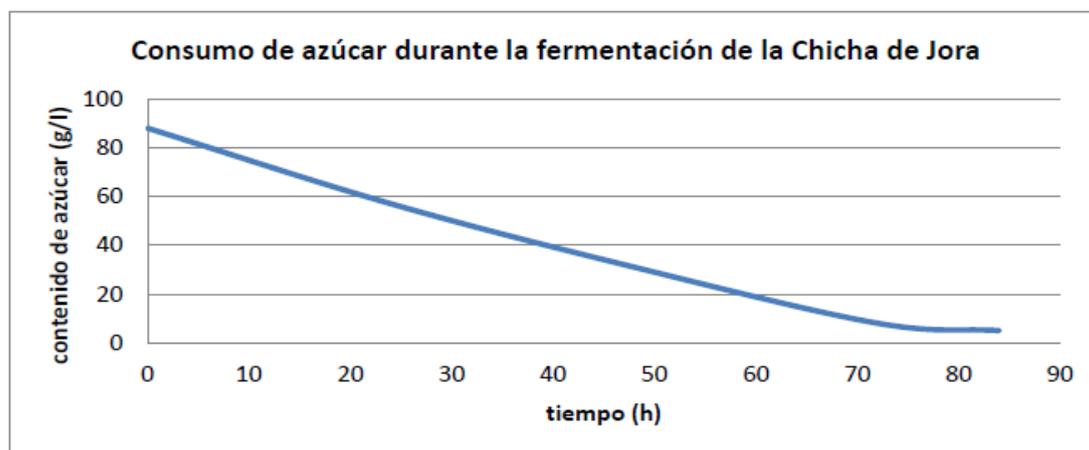
**Figura 18.** Evolución del pH en vinos tintos.

Según su reporte estadístico (Contreras, 2017), tal como muestra en la Figura 18. el vino tinto mantiene un pH casi estable durante los 33 meses durante su evolución se mantiene dentro del rango establecido para este tipo de bebida, haciendo una comparación con nuestro trabajo de investigación y resultados obtenidos en la Figura 5, logramos mantener un comportamiento similar en bebidas fermentadas alcohólicas hay ligero descenso, pero mínima es casi estable. Empezamos con un pH inicial de 3.8; la curva que más descendió fue el tratamiento de 1 minuto de ozonización con un pH de 3.64; mientras que (Vásquez, 2019), reporto un pH de 3.42, este dato nos ayuda a corroborar que estamos controlando el pH con tratamiento de ozono, es un buen

indicador del estado general de la chicha de jora evita procesos de alteración en cuanto a características propias así como en la proliferación de microorganismos.

#### 4.3.1.3. Sólidos solubles (°Brix).

Según (Sempértegui, 2013), en su trabajo de investigación. *Perspectivas para la industrialización de la chicha de jora*. En la Figura 19. Podemos observar el consumo de azúcares por un tiempo aproximado de tres días. El contenido de azúcar fue disminuyendo paulatinamente con el tiempo. Se puede considerar que al final no existe un consumo total de azúcar, motivo por el cual el grado alcohólico deseado no se cumplió, esto puede deberse a causas asignables como son la temperatura de fermentación, recordemos que la chicha estuvo a temperatura ambiente, motivo por el cual pudo existir muerte de levaduras o inhibición.

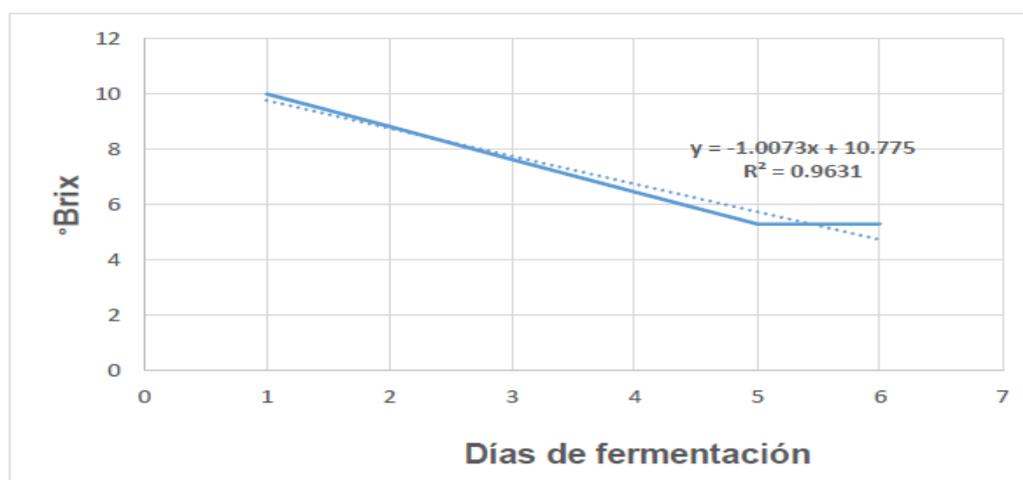


**Figura 19.** Consumo de azúcar durante la fermentación de la chicha de jora.

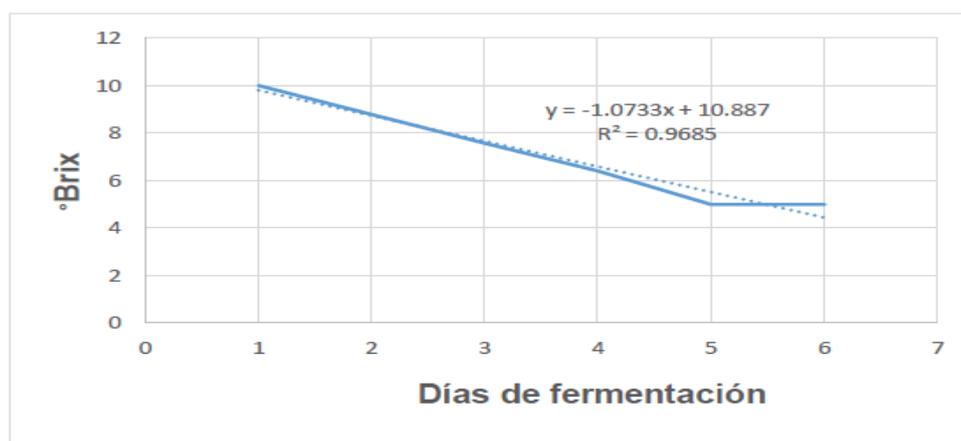
En nuestro trabajo de investigación no se añadió azúcar a diferencia de (Sempértegui, 2013); pero si está relacionado con los azúcares propios del mosto de la chicha de jora. Los resultados que obtuvimos en la Figura 6. Explica el comportamiento de la curva patrón curva de color negro; esto se debe a que hay de consumo de azucares por

levaduras presentes en la chicha de jora, entonces habrá producción de alcohol en esta bebida fermentada, tal como lo indica (Sempértegui, 2013). Ahora con respecto a todas las muestras que han recibido tratamientos de ozonización tienen el mismo comportamiento en todos los 4 días de evaluación de este parámetro; empiezan el primer día con 4.9°Bx luego se estabilizan ligeramente y el último día de evaluación llegan 4.2°Bx, esta estabilización de las curvas nos ayuda a entender que se estabiliza también la fermentación en la chicha de jora, porque no hay consumo de fuente de carbono de levaduras, bacterias, hongos entre otros. Esto nos permite tener una chicha de jora en buen estado.

Según (Vásquez, 2019). En las Figuras 20 y Figura 21 se observa una disminución de 10 a 5.3 de los °Brix esto se debe a que el azúcar es consumido por las levaduras durante el proceso de fermentación, menciona que la cantidad de °Brix es producto de las concentraciones iniciales que se requiera para un determinado producto. Los sistemas de fermentación de las levaduras requieren como principales nutrientes una fuente de carbono o glucosa. Sin embargo, una alta concentración de este último sustrato puede inhibir el crecimiento de la levadura y la fermentación como resultado de una elevada presión osmótica.



**Figura 20.** Evaluación de °Brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.

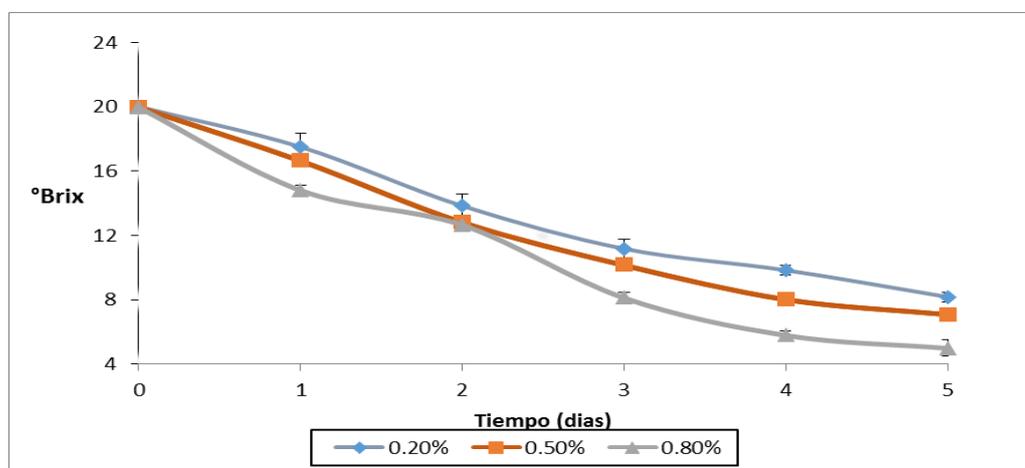


**Figura 21.** Evaluación de °Brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.

Como menciona (Vásquez, 2019), el descenso de los °Brix, se debe a que el azúcar es una fuente de carbono para el desarrollo de las levaduras durante el proceso de fermentación, en la Figura 6. Se observa un claro comportamiento de la chicha de jora muestra patrón curvo de color negro, que desciende por el consumo de fuente de carbono propios del mosto de la chicha de jora como es el conjunto de levaduras, bacterias, hongos entre otros. Ahora las muestras que han recibido tratamientos de ozonización logran estabilizarse sin alteración brusca; esto porque se ha inmovilizado este conjunto de levaduras, bacterias, hongos que se encuentran presentes en la chicha de jora, de esta forma se logra evitar el aumento de la biomasa y formación En la Fermentación degradación incompleta de los azúcares hasta CO<sub>2</sub> y etanol.

En el trabajo de investigación de (Camargo, 2016). *Efecto de tres niveles de concentración de levadura Saccharomyces cerevisiae cepa CH 158 SIHA en la fermentación del zumo de aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. Las variaciones de los °Brix y el tiempo de fermentación, tienen relación inversamente proporcional, refleja una disminución progresiva a través del tiempo por parte de los microorganismos, ya que el azúcar es fuente de carbono y energía para las levaduras y estas las están consumiendo durante el proceso fermentativo, generando alcohol como desecho en la Figura 22 se observa este comportamiento. En la concentración de levadura 0,8 % se observa un mayor consumo de sólidos solubles llegando a 5 °Brix, mientras que al 0,5 % es de 7,1 °Brix y a 0,2 % de 8,17 °Brix, esto se debe a la concentración de levadura en cada tratamiento, por lo tanto, a mayor concentración de levadura existe mayor

degradación o consumo de sólidos solubles en el medio y por lo tanto mayor generación de alcohol.



**Figura 22.** Variación de los sólidos solubles (°Brix) con relación al tiempo, durante la fermentación de los mostos corregidos a diferentes concentraciones de levadura.

En la Figura 6. Se observa un comportamiento similar de la chicha de jora curva patrón color negro que no recibió ningún tratamiento con los resultados de (Camargo, 2016), Eso porque hay consumo de azúcares que son fuentes de carbono para las levaduras y otros presentes en la chicha de jora. En cambio, en las muestras que se sometieron a tratamiento con ozono se estabiliza el consumo de azúcares, lo que quiere decir que no habrá producción de alcohol, y otros defectos que alteren características organolépticas del producto esto por la inmovilización o desarrollo de las levaduras y otros microorganismos.

#### 4.3.1.4. Densidad.

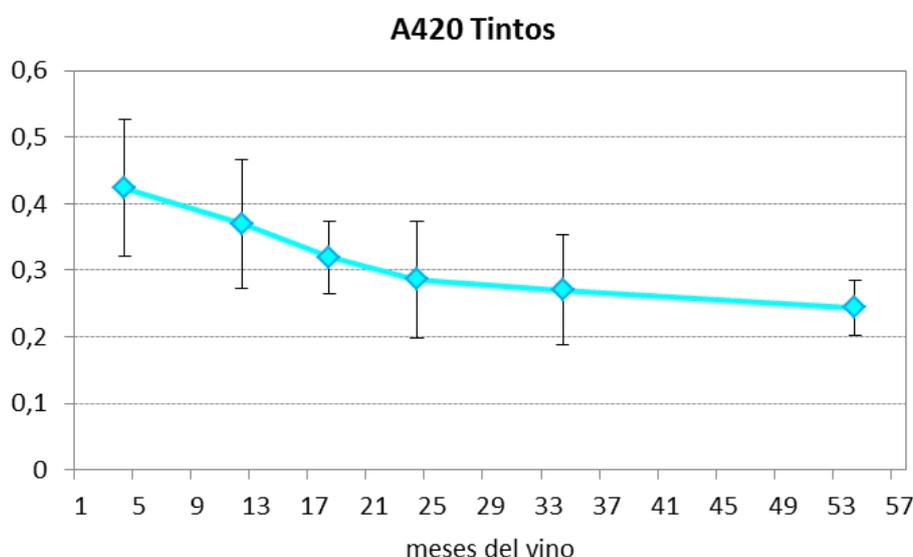
Al respecto Mercedes 2006, indica que existen factores fisicoquímicos y bioquímicos que inciden positiva o negativamente en la fermentación alcohólica, uno de ellos es el cambio de la densidad por acción de la reproducción de la biomasa.

#### 4.3.1.5. Turbidez.

Para determinar la turbidez de la chicha de jora en la evaluación de parámetros de control se utilizó la técnica de espectrofotometría.

Según (Contreras, M. 2017), en su trabajo estadístico. *Estudio de la Evolución de Parámetros de Color en Vinos de Ribera del Duero, Utilización de Herramientas Estadísticas y Aplicaciones de Interés para la Industria Vinícola*. Estas especies de antocianinas son los principales contribuyentes al máximo de absorción visible (520 nm) característicos del espectro de vinos tintos jóvenes. Entre este máximo de absorción y el del ultravioleta a 280 nm, se encuentra un mínimo a una longitud de 420 nm. (Gayon, 1974; Glories, 1988).

La Absorbancia a 420 nm refleja la intensidad del color amarillo. Los vinos tintos jóvenes sitúan su máximo de absorbancia a 520 nm debido a los antocianos libres contenidos, presentando su segundo máximo a 420 nm. A medida que el vino envejece y pierde su contenido antociánico, el color evoluciona hacia tonos anaranjados, perdiendo el máximo a 520 nm, pero conservando el correspondiente a los tonos amarillos, cercanos a 420 nm ver evolución temporal. A continuación, observamos la evolución de los vinos tintos.



**Figura 23.** Evolución de la Absorbancia a 420 nm, en vinos tintos, con el tiempo.

El análisis que hace (Contreras, 2017), en el color de vinos tintos nos ayuda a interpretar nuestros resultados, con respecto a la turbidez de la chicha de jora blanco, que es la curva color negro, se encuentra en estado natural sin recibir ningún tratamiento veámoslo en la Figura 8. El comportamiento de esta curva es ascendente, esto sucede porque en la absorbancia de luz UV interfieren las partículas de la chicha de jora y por lo tanto la transmitancia de visibilidad es menor; por lo que la turbidez incrementa durante los 4 días de evaluación; además cabe mencionar que esto sucede claramente por el desarrollo de los diferentes microorganismos (levaduras, mohos, bacterias entre otros) que forman una biomasa al propagarse durante la fermentación. En cambio, las muestras de chicha jora que se sometieron a tratamientos de ozonización se estabilizan ligeramente sin cambios bruscos, ayudándonos así a entender que el proceso de fermentación se estabiliza para evitar el desarrollo continuo de las levaduras presentes y otros.

Ahora según (Rodríguez, 2003) en su trabajo de investigación. *Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager*. La estabilidad de la cerveza se define como unidades de tiempo transcurridas hasta alcanzar un determinado nivel de turbidez. La pérdida de brillo, el descenso de la transparencia, el grado de enturbiamiento, incluso la floculación, precipitación y sedimentación, son las sucesivas manifestaciones visuales de la falta de estabilidad o inestabilidad de la cerveza. Así, la turbidez u opacidad de la cerveza se puede deber a las siguientes causas: biológica, coloidal y una química, ésta última debido a diversos agentes como el oxalato de calcio. (ROS, 1980).

Con respecto a esta interpretación que hace (Rodríguez, 2003), en la Figura 8. Nos ayuda a explicar el comportamiento de la turbidez de la chicha de jora de la muestra patrón curva de color negro presenta un incremento en la opacidad visual disminuye su transparencia o claridad es más turbio a los 4 días de evaluación. En cambio, las muestras que han recibido tratamiento con ozono mantienen casi estable su claridad; es decir la turbidez no incrementa bruscamente porque no hay residuos de descomposición de microorganismos en desarrollo fermentativo.

### 4.3.2. Análisis sensoriales.

#### 4.3.2.1. Sabor.

Según (Morales, 2008). En la revista. *Reacciones químicas en la cerveza*. La degradación de Strecker es responsable de la formación de los denominados aldehídos de Strecker y el mecanismo de esta reacción en presencia de oxígeno (estas reacciones son catalizadas por los iones Fe y Cu). Por lo tanto, el contenido de oxígeno en la cerveza envasada debe ser bajo para lograr una mayor estabilidad del sabor. La oxidación genera la formación de compuestos carbonílicos a través de cinco principales reacciones o mecanismos como son: la degradación de Strecker de aminoácidos, la degradación oxidativa de iso-ácidos, la oxidación mediada por melanoidinas de alcoholes superiores, la condensación aldólica (aldehídos de cadena corta) y la oxidación enzimática y no enzimática de ácidos grasos.

En la Figura 9. Tenemos la respuesta de los panelistas en cuanto a la aceptación del sabor característico de la chicha de jora, la muestra blanco de chicha de jora que no ha recibido tratamiento tiene una aprobación de 21.21%, mientras que la chicha de jora que recibió tratamiento de 2 minutos es la más aceptada por los panelistas con un 33.33%. Los demás tratamientos con ozono tienen menor aceptación, según (Morales, 2008) como lo manifiesta anteriormente el oxígeno en exceso interfiere en cuanto al sabor de bebidas fermentadas conocido como la degradación de Strecker de aminoácidos.

#### 4.3.2.2. Aroma.

Morales (2008). En la Revista. *Reacciones químicas en la cerveza*. Como ya se ha indicado anteriormente, la producción de cerveza implica la ebullición del mosto junto con el lúpulo, el cual actúa también como un conservante natural para esterilizar la solución de mosto. El lúpulo se ha utilizado durante mucho tiempo en el proceso de elaboración de la cerveza por su aporte de aroma y amargor. En particular, la fuente de la amargura de la cerveza proviene principalmente de los  $\alpha$ -ácidos (humulona,

cohumolona y adhumolona). La degradación oxidativa de las isohumulonas en las cervezas almacenadas produce una disminución de la amargura y aumenta la sensación de notas de sabor "skunky" (término empleado para describir olores y sabores desagradables).

Estos iso- $\alpha$ -ácidos son cromóforos sensibles a la luz, por lo que su presencia activa la ruptura de enlaces que conduce a la formación de un par de radicales cetilos, las cuales dan lugar a nuevas sustancias como el 3-metil-2-buten-1-tiol, también conocido como "thiol skunky", que tiene alto impacto en el sabor al liberarse aldehídos en el producto se produce un sabor rancio, el cual debe minimizarse para obtener y mantener un sabor fresco a los consumidores.

Según (Suárez, 2013). En su trabajo de investigación. *Cerveza componentes y propiedades*. Los aceites esenciales (0.2-0.5%), son el componente aromático que proporciona a la cerveza aroma y sabor. Contienen muchos compuestos que incluyen ésteres, mezclas de alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos, aunque el grupo más importante son los llamados terpenos. Los principales terpenos son el humuleno, cariofileno, mirceno y farneseno. El más abundante es el humuleno. El mirceno suele dar un sabor áspero y por ello lúpulos con alto contenido de este compuesto no se utilizan para el aroma, son muy volátiles.

Con respecto a los resultados obtenidos como se observa en la **Figura 10**. La muestra con mayor aceptabilidad en cuanto al aroma es el tratamiento de 2 minutos de ozonización, que representa un 33.33%. Está muy relacionado con el sabor de la chicha de jora como lo menciona (Suárez, 2013). Por el desarrollo de compuestos orgánicos.

#### 4.3.2.3. Color.

Según (Morales, 2008). En la Revista. *Reacciones químicas en la cerveza*. La reacción de Maillard es una reacción química entre aminas (aminoácidos o proteínas) y compuestos carbonílicos (carbohidratos, aldehídos y cetonas) para crear productos marrones insolubles llamados melanoidinas. Para que se produzca esta reacción, el

grupo carbonilo reactivo del carbohidrato (cuando está en su forma aldosa) interacciona con un grupo amino nucleofílico libre de un aminoácido o de una proteína en una reacción que se conoce como condensación, esto conlleva a cambios en el color del producto.

Según (Suarez, 2013). En su estudio. *Cerveza componentes y propiedades*. Son varios los compuestos responsables del color en las cervezas: melanoidinas, productos de caramelización y pirolisis, polifenoles oxidados, rivo flavina, carotenoides, antocianinas, clorofilas y sus productos de oxidación, así como también catalizadores de la oxidación como son los iones metálicos. Se generan por reacciones de pardeamiento no enzimático (reacciones de Maillard) durante el tratamiento térmico del malteado, la cocción entre otros.

En los resultados obtenidos la aceptación u opinión en cuanto al color no es muy controversial el color es característico en todas las muestras de chicha de jora; sin embargo, los panelistas muestran que el tratamiento de 2 minutos tiene mayor aceptación con un 21.21% como se observa en la Figura 11. Tanto para (Suárez, 2013) como para (Morales, 2008) las reacciones de Maillard influyen en el color.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones.

- Se evaluó los parámetros físico-químicos de la chicha de jora sometida a tratamientos con ozono, en los 4 días de evaluación se obtuvo una estabilización de la actividad fermentativa de la chicha de jora, el tratamiento de 2 minutos de ozonización fue la más aceptada por los panelistas y sus resultados fisicoquímicos son los siguientes: acidez de 2.88 g/L de ácido láctico, un pH de 3.66, densidad de 1.019g/ml, °Brix de 4.2 y turbidez de 0.986.
- De acuerdo a las evaluaciones sensoriales realizadas a los panelistas, se encontró el tiempo adecuado de exposición al ozono de la chicha de jora para su envasado, es de 2 minutos de ozonización, no causa mayores cambios en las características organolépticas propias de la chicha de la jora, solo hay un inconveniente en el sabor, se percibe ligeramente un sabor metálico.
- En la determinación de la vida útil de la chicha de jora, los resultados obtenidos no permiten su cuantificación en vista que los procesos oxidativos ocurridos en el producto afectan en el sabor. Aun así, con las pruebas efectuadas se estableció una estabilidad en las características fisicoquímicas de la chicha de jora como es: la acidez, densidad, turbidez, pH y °Brix.

#### 5.2. Recomendaciones.

- Realizar análisis de espectros de masas para identificar y cuantificar compuestos que se forman por acción del estrés oxidativo del ozono sobre la chicha de jora.
- Adicionar antioxidantes al producto antes de someter a proceso de ozonización, así reducir el estrés oxidativo que el ozono genera a todos los componentes de la chicha de jora.
- Caracterizar una sola cualidad del producto para establecer su vida útil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Acosta, C. (2012). *Evaluación de la Fermentación Alcohólica Para la Producción De Hidromiel*. [Tesis]. Universidad Nacional De Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental Bogotá, Colombia.
- Aguirre, H. (2009). *Propuesta de una receta estándar para la elaboración de la chicha en la provincia de Chimborazo*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito Ecuador. Disponible en:  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9663/1/39101\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9663/1/39101_1.pdf).
- Albarrán, E. (2008). *El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas*. Universidad Tecnológica de México, campus Atizapán, CP.52999, México.
- Alarcón, J. (2015). *Determinación de los parámetros para la conservación de chicha de jora*. [Tesis de grado]. Abancay. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú.
- Anzuetto, C. (2012). *Modelos matemáticos para la estimación de vida útil de los alimentos*. Osmosis Consultores, Guatemala.
- Ayma de la Cruz, C.; Cacsire, G. (2012). *Tratamiento térmico para estabilizar la chicha de jora*. [Tesis]. Universidad Nacional de Ingeniería., Lima, Perú.
- Arenas, I.; López, JL. (2004). *Espectrofotometría de Absorción*. [Maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca.
- Briceño, K.; Castro, K. (2014). *Influencia del tiempo de cocción en las características fisicoquímicas de la chicha de jora*. [Tesis]. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Calvo, O.; Saade, M. (2002). *La ciudad en cuarentena. Chicha, patología social y profilaxis.*, 4a ed., Sevilla – España., Editorial Panamericana. Pp. 17.
- Callejo, M. (2002). *Industrias de Cereales y Derivados.*, Colección Tecnología De Alimentos., 2a ed., Madrid - España., Ediciones AMV. Pp. 124-127.
- Camargo P. (2016). *Efecto de tres niveles de concentración de levadura Saccharomyces cerevisiae cepa CH 158 SIHA en la fermentación del zumo de aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. [Tesis]. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo, Perú.
- Cárdenas, W. (2009). *Determinación de los parámetros de temperatura, tiempo y pH óptimos en la fermentación de chicha de jora*. Facultad de Ciencias

- Agropecuarias., Ingeniería Agroindustrial. Ibarra. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Carrera, H. (2008). *Recetario de la Comida Andina de Cotacachi*, 1a ed., Imbabura-Ecuador, Editorial Ecuilibros. Pp. 60.
- Castañedo, P. (2000). *El maíz y su cultivo.*, 1a ed., México D.F-México., Editorial AGTEditor S.A., Pp. 248 – 256
- Castillo, Y.; Andino, F. (2010). *Microbiología de los alimentos*. [Práctica] Universidad Nacional De Ingeniería. Norte, Perú. Pp. 24 – 25.
- Cazco, C. (2006). *Maíz Cultivos andinos*. Clase tercer año de ingeniería agropecuaria., 1a ed., Ibarra – Ecuador., Universidad Técnica del Norte., Pp. 48-52.
- Chavarrea, M. (2011). *Elaboración y Conservación Con Fines Agroindustriales y Comerciales de la Chicha de Jora y Quinoa* [Tesis]. Facultad ciencias Agropecuarias. Riobamba. Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
- Collazos C.; White P.; White H.; Viñas E.; Alvistur E.; Urquieta R. (1993). *La composición de alimentos peruanos*. Lima: Ministerio de Salud Instituto Nacional de Nutrición. Perú.
- Contreras, M. (2017). *Estudio De La Evolución De Parámetros De Color En Vinos De Ribera Del Duero, Utilización De Herramientas Estadísticas Y Aplicaciones De Interés Para La Industria Vinícola*. [Tesis Doctoral]. Universidad De Burgos Escuela Politécnica Superior Departamento De Química, Burgos.
- De Florio, E. (1996). *Estudio de la fermentación de la chicha de jora*. Lima. Facultad de Industrias Alimentarias. [Tesis]. Universidad Agraria La Molina, Perú.
- Elías, L.; Jeffery, L.; Watts, B.; Ylimaki, G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Internacional Development Research Centre. Ottawa, Canadá.
- Espinosa, P. (2007). *Raíces y Tubérculos Andinos Consumo Aceptabilidad y Procesamiento.*, 2a ed., Quito- Ecuador., Editorial Abya-Yala. Pp. 63, Pp. 178.
- Espinoza, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos.*, la ed Universitaria., La Habana, Cuba. 116 p.
- Ezquerria, M. (2009). *Diccionario El Gran Español Definición Chicha.*, 3a ed., Madrid-España., Editorial Español. Pp. 98.

- García, D.; Mamani, G. (2008). *Selección de levaduras nativas saccharomyces Cerevisiae aisladas de chicha de jora Del Valle Del Mantaro*. [Tesis]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Guerrero, D. (2012). *Diseño de un sistema de producción y embotellado de chicha de jora*. [Tesis]. Universidad nacional de Piura, Perú.
- Heymann, H; Lawless, H. (2010). *Sensory evaluation of food, principles and practices*. 2 ed. Nueva York, Estados Unidos, Springer. Pp. 626.
- Hoyos, J.; Urbano, F.; Villada, H.; Mosquera, S.; Navia D. (2010). *Determinación de parámetros fermentativos para la formulación y obtención de vino de naranja (Citrus sinensis)*. Facultad de ciencias Agropecuarias Vol. 8 N°.01, enero junio 2010.
- Ibarra, J. (2008). *Diccionario de la lengua castellana Definición Chicha.*, 2a ed., Barcelona-España., Editorial Español. Pp. 74.
- León, L. (2010). *Proyecto de pre factibilidad para una planta productora de Chicha de Jora*. [Tesis]. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- León, R. Zapata, A. (2008). *Producción doméstica de la chicha*. Revista Chicha Peruana, una bebida, una cultura. (1). Pp. 52 – 64.
- Lingquan, L. (2014). *Generalidad y generación electroquímica de ozono*. [Tesis]. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Loayza, M. (2015). *Estudio de la Velocidad de Degradación de Azúcares Reductores en el Proceso de Pasteurización de Puré de Banano Aséptico no Acidificado sin Semilla*. [Tesis]. Universidad Técnica de Machala Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud Carrera de Ingeniería en Alimentos. Ecuador.
- Maldonado, M. (2004). *Pueblos indígenas en el Ecuador y consumo de bebidas alcohólicas: cosmovisión, conocimientos, actitudes y prácticas, causas y consecuencias*. pp. 51 – 60.
- Menéndez, S.; González, R.; Ledea O. (2008). *Ozono aspectos básicos y aplicaciones clínicas.*, la ed, CENIC, La Habana, 2008. Pp. 207-265.
- Miranda, G.; Ventura, J. (2006). *Estudio de la Actividad Citotóxica y Antioxidante de los Productos de la Reacción de Millard Obtenidos a Partir de los Sistemas Modelo D-Glucosa- glicina y D-Glucosa – L- Lisina*. [Tesis]. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Lima, Perú.

- Parzanese, M. (2012). *Revista Alimentos Argentinos que publica el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca se publicó la nota Ozono en alimentos.*
- Pérez, M. (2014). *Tratamientos con ozono -Revista matadero de cerdos, Cosemarozono.* Pp. 8.
- Pokomy, J.; Yanishileva, N. (2004). *Antioxidantes de los alimentos aplicaciones prácticas vacuancias y ciencias de los alimentos.*, 1a ed., Madrid - España., Editorial Acrabia. Pp. 135, 147, 156.
- Pomasqui, J. (2012). *Parámetros óptimos en la fermentación alcohólica para industrializar la chicha de jora en la procesadora de alimentos y bebidas kutacachi sara mama.* [Tesis de grado]. Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias escuela de Bioquímica y Farmacia Riobamba, Ecuador.
- Ramírez, J. (2002). *Diccionario Indio del Gran Tolima.*, 1a ed., Bogotá-Colombia., Editorial Minerva LTDA. Pp. 102.
- Robles, H.; Miranda, H.; Lora, C. (2012). *Aislamiento de levaduras productoras de etanol a partir de chicha de jora del Mercado.*, La ed., REBIOL. “Mercado Mayorista” de Trujillo -Perú. Pp. 48-54.
- Rodríguez, H. (2003). *Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager.* [Tesis]. Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A. Valdivia, Chile.
- Rojas, B. (2013). *Control de calidad y evaluación nutricional de las chichas (jora y morada).* [Tesis de grado]. Elaboradas en la fundación Andinamarca, Calpi-Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Perú.
- Sáenz, I. (1978). *Flora microbiana de la chicha de jora.* [Tesis]. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Sempértegui, M. (2013). *Perspectivas para la industrialización de la chicha de jora.* [Tesis] Cuenca: Universidad del Azuay, Ecuador.
- Simón, P. (2006). *Vocabulario de Americanismos Tabla para la Inteligencia de Algunos Vocablos de las Noticias Historiales.*, 1a ed., Instituto Caro y Cuervo. Bogotá-Colombia., Edición Facsimilar., 2006, Pp. 61.
- Steinkraus, K. (1996). *Handbook of Indigenous fermented foods*, 2° Edition. Marcel Dekker. New York.

- Suárez, M. (2013). *Cerveza componentes y propiedades*. [Tesis]. Universidad de Oviedo. España.
- Vargas, A. (2014). *La chicha en los rituales del Noreste argentino*. [Trabajo de investigación]. Jujuy. Instituto Universitario Nacional del Arte, Argentina.
- Vásquez, B. (2019). *Influencia de la temperatura de fermentación en las características fisicoquímicas de la chicha de jora, evaluados en dos variedades de germinados de maíz (zea mayz l.), INIA 603 y marginal 28*. [Tesis]. Universidad Nacional De Cajamarca. Facultad De Ciencias Agrarias. Cajamarca, Perú.
- Vázquez, H. (2007). *Ingeniería Investigación y Tecnología, Fermentación alcohólica.*, 8a ed., México D.F-México., Editorial AGTEditor S.A. Pp. 156 – 160.
- Velásquez, M. (1982). Determinación de los parámetros para la elaboración de jora, a partir del maíz Cancha de Huaraz [Tesis]. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Youngson, R. (1994). *Antioxidantes y radicales libres.*, 2a ed., Madrid - España., Editorial EDAF. Pp. 47-69.
- Zapata, S. (2006). *Diccionario de gastronomía peruana tradicional*, 1º edición. Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.

## BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL.

- CENIC. (2010, 3 de diciembre). *Ciencias Biológicas*. (41), 155-164. Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ciudad de La Habana, Cuba Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220593001>
- FAO. (2003, 15 de noviembre de 2012). <http://www.fao.org/>. Recuperado de [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Equipos/EQP15](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Equipos/EQP15).[http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Equipos/EQP15](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Equipos/EQP15).
- López, M. (2012, 29 de marzo). *Chicha de Jora Proyecto*. Recuperado en octubre de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/87122165/Chicha-de-Jora-Proyecto>.
- Liangji, X. (2011, 11 de agosto). *Mundo Alimentario*. Revista Científica - edición noviembre/dicimbre-2008. [Ozonoalbacete.es](http://www.ozonoalbacete.es)  
[info@mundoyalimentario.com](mailto:info@mundoyalimentario.com) Huamán, H. *Scribd*. Recuperado (2012, 24 de octubre), de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/72046363/Datos-historicos-sobre-la-chica-de-Jora>.
- Morales, M. (2008). *Reacciones químicas en la cerveza*. Revista de Química PUCP, 2018. (32) 31, Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/quimica>.
- Rojas, S.; Hurtado A. Alendes.; Barnett E.; Saavedra, L.; Ecuero, M. (2018, enero-junio). *Optimización de parámetros del proceso de elaboración de chicha de jora*. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú. (25), 11-28 Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n25.01>

## ANEXOS.

## RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

**Tabla 14.** Tratamientos de ozonización para determinar la acidez de la chicha de jora.

Tiempo (días)	Blanco	1 minuto	2 minutos	3 minutos	4 minutos	5 minutos
0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
1	2.79	2.58	2.64	2.64	2.71	2.8
2	3	2.82	2.88	2.88	2.82	2.7
3	3.2	2.82	2.9	3	3	3
4	3.5	2.88	2.88	3	3.06	3.08

**Tabla 15.** Tratamientos de ozonización para determinar el pH de la chicha de jora.

Tiempo (días)	Blanco	1 minuto	2 minutos	3 minutos	4 minutos	5 minutos
0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
1	3.81	3.78	3.78	3.77	3.8	3.78
2	3.78	3.74	3.74	3.75	3.74	3.76
3	3.7	3.7	3.71	3.71	3.71	3.72
4	3.68	3.64	3.66	3.67	3.67	3.67

**Tabla 16.** Tratamientos de ozonización para determinar °Brix de la chicha de jora.

Tiempo (días)	Blanco	1 minuto	2 minutos	3 minutos	4 minutos	5 minutos
0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
1	4.8	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
2	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
3	4.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
4	3.9	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2

**Tabla 17.** Tratamientos de ozonización para determinar densidad de la chicha de jora.

Tiempo (días)	Blanco	1 minuto	2 minutos	3 minutos	4 minutos	5 minutos
0	0.9952308	0.9952308	0.9952308	0.9952308	0.9952308	0.9952308
1	1.0218365	1.0224712	1.0238269	1.02225	1.0219904	1.0244231
2	1.0286442	1.0174423	1.0203077	1.0203846	1.0234904	1.0208077
3	1.0353462	1.0191154	1.0210385	1.0196539	1.0218365	1.0223077
4	1.0391442	1.019875	1.019875	1.0193846	1.020625	1.0204135

**Tabla 18.** Tratamientos de ozonización para determinar la turbidez de chicha de jora.

Tiempo (días)	Blanco	1 minuto	2 minutos	3 minutos	4 minutos	5 minutos
0	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825
1	0.971	1.05	0.938	0.897	0.999	0.969
2	0.99	1.036	0.977	0.977	0.992	0.922
3	1.102	0.949	0.945	0.868	0.959	0.966
4	1.23	0.925	0.986	0.967	0.974	0.985

## ANÁLISIS SENSORIAL

**Tabla 19.** % de Aprobación del SABOR del panelista en la evaluación sensorial.

TRATAMIENTOS	PANELISTA	% APROBACION
Blanco	7	21.21
Tratamiento 1min	9	27.27
Tratamiento 2min	11	33.33
Tratamiento 3min	5	15.15
Tratamiento 4min	1	3.03
Tratamiento 5min	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>

**Tabla 20.** % de Aprobación del AROMA del panelista en la evaluación sensorial.

TRATAMIENTOS	PANELISTA	% APROBACION
Blanco	9	27.27
Tratamiento 1min	9	27.27
Tratamiento 2min	11	33.33
Tratamiento 3min	3	9.09
Tratamiento 4min	1	3.03
Tratamiento 5min	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>

**Tabla 21.** % de Aprobación del COLOR del panelista en la evaluación sensorial.

TRATAMIENTOS	PANELISTA	% APROBACION
Blanco	6	18.18
Tratamiento 1min	6	18.18
Tratamiento 2min	7	21.21
Tratamiento 3min	5	15.15
Tratamiento 4min	5	15.15
Tratamiento 5min	4	12.12
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>

**Tabla 22.** % de Aprobación del TEXTURA del panelista en la evaluación sensorial.

TRATAMIENTOS	PANELISTA	% APROBACION
Blanco	9	27.27
Tratamiento 1min	7	21.21
Tratamiento 2min	12	36.36
Tratamiento 3min	3	9.09
Tratamiento 4min	2	6.06
Tratamiento 5min	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

### ANOVA PARA LA VARIABLE PH.

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

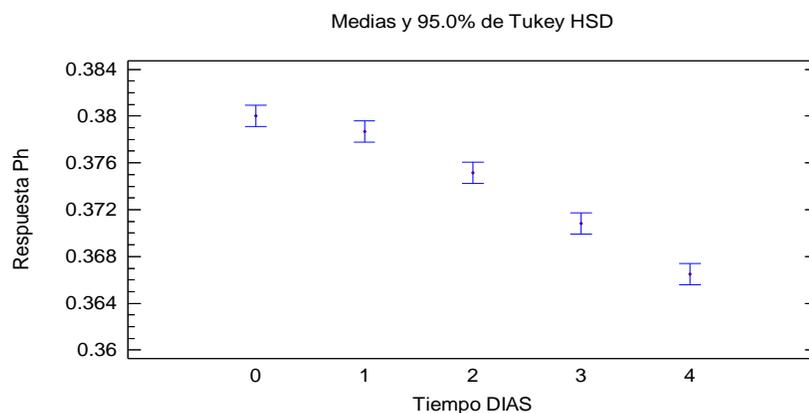
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tiempo

**Tabla 23.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	6	0.3665	0.000431	X
3	6	0.370833	0.000431	X
2	6	0.375167	0.000431	X
1	6	0.378667	0.000431	X
0	6	0.38	0.000431	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0.00133333	0.001826
0 - 2	*	0.00483333	0.001826
0 - 3	*	0.00916667	0.001826
0 - 4	*	0.0135	0.001826
01-02	*	0.0035	0.001826
01-03	*	0.00783333	0.001826
01-04	*	0.0121667	0.001826
02-03	*	0.00433333	0.001826
02-04	*	0.00866666	0.001826
03-04	*	0.00433333	0.001826

\*indica una diferencia significativa.



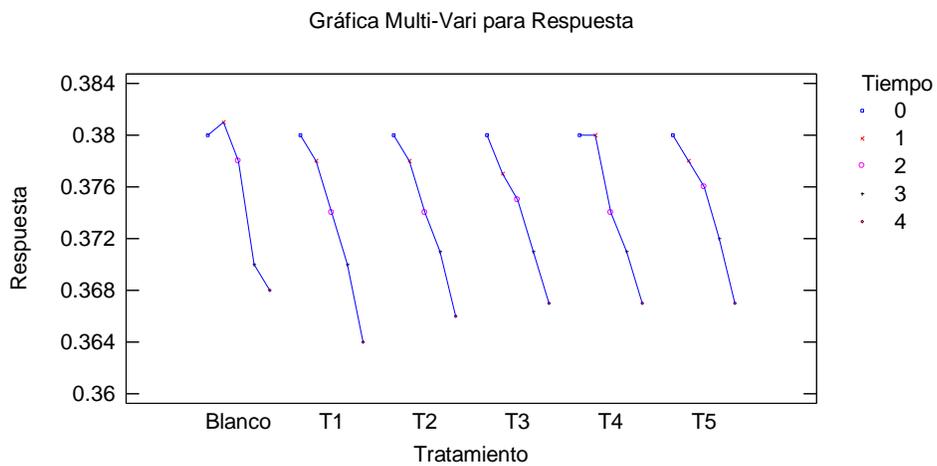
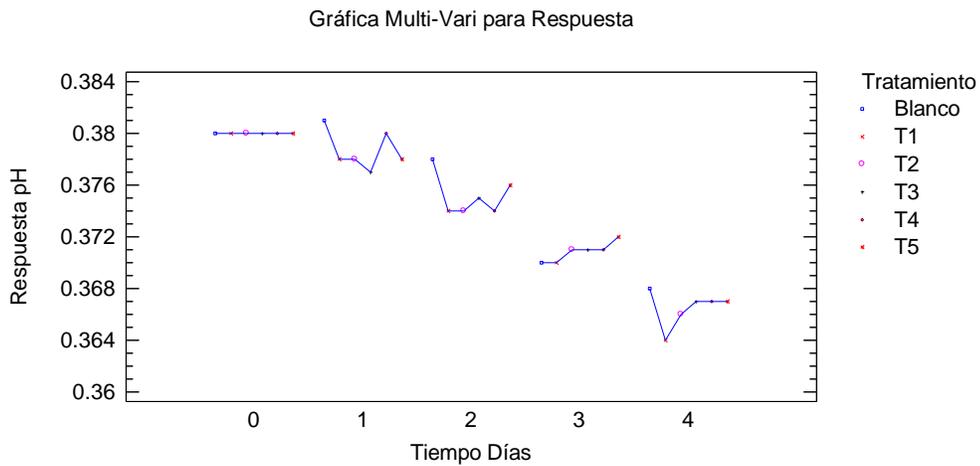
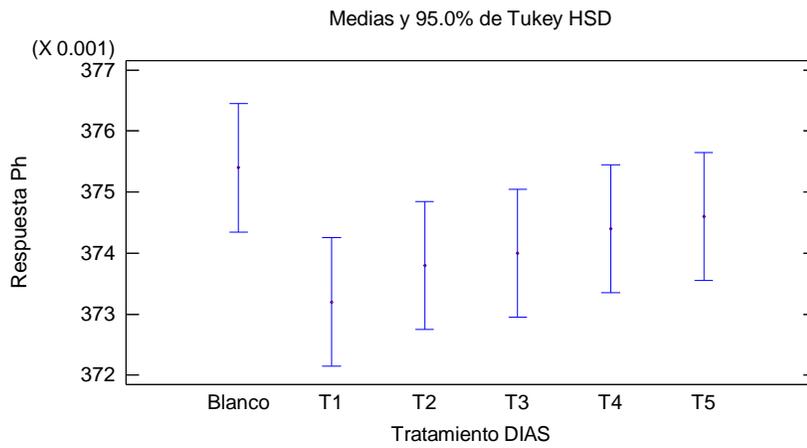
### Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tratamiento

**Tabla 24.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T1	5	0.3732	0.000473	X
T2	5	0.3738	0.000473	XX
T3	5	0.374	0.000473	XX
T4	5	0.3744	0.000473	XX
T5	5	0.3746	0.000473	XX
Blanco	5	0.3754	0.000473	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Blanco - T1	*	0.0022	0.002101
Blanco - T2		0.0016	0.002101
Blanco - T3		0.0014	0.002101
Blanco - T4		0.001	0.002101
Blanco - T5		0.0008	0.002101
T1 - T2		-0.0006	0.002101
T1 - T3		-0.0008	0.002101
T1 - T4		-0.0012	0.002101
T1 - T5		-0.0014	0.002101
T2 - T3		-0.0002	0.002101
T2 - T4		-0.0006	0.002101
T2 - T5		-0.0008	0.002101
T3 - T4		-0.0004	0.002101
T3 - T5		-0.0006	0.002101
T4 - T5		-0.0002	0.002101

\* indica una diferencia significativa.



**ANOVA PARA LA VARIABLE ACIDEZ.**

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tiempo

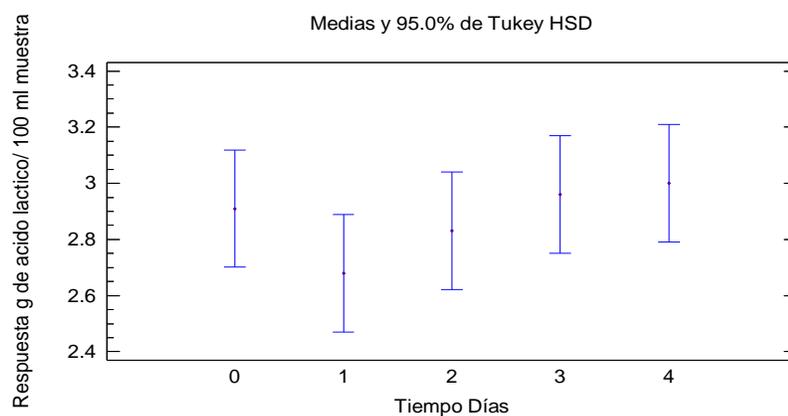
**Tabla 25.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	6	2.68	0.098884	X
2	6	2.83	0.098884	X
0	6	2.91	0.098884	X
3	6	2.96	0.098884	X
4	6	3	0.098884	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0.23	0.41859
0 - 2		0.08	0.41859
0 - 3		-0.05	0.41859
0 - 4		-0.09	0.41859
01-02		-0.15	0.41859
01-03		-0.28	0.41859
01-04		-0.32	0.41859
02-03		-0.13	0.41859
02-04		-0.17	0.41859
03-04		-0.04	0.41859

\* indica una diferencia significativa.



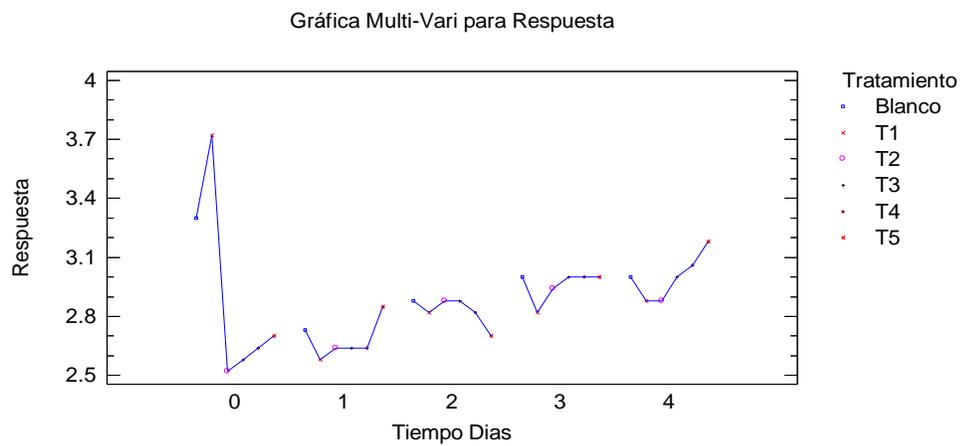
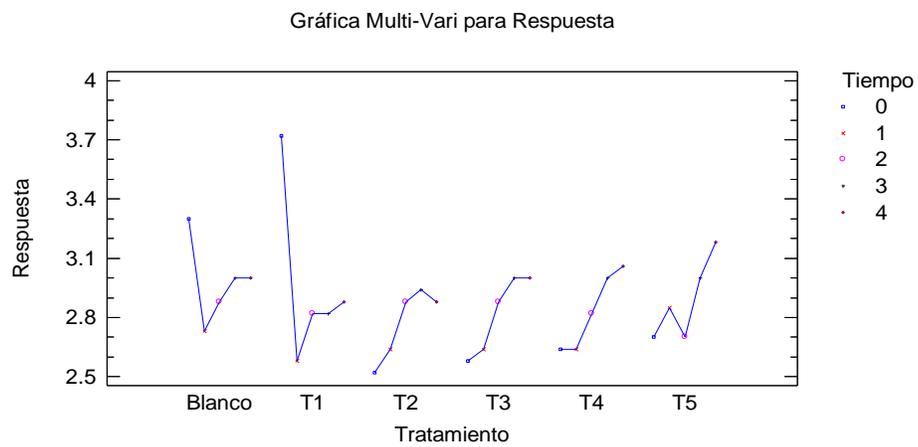
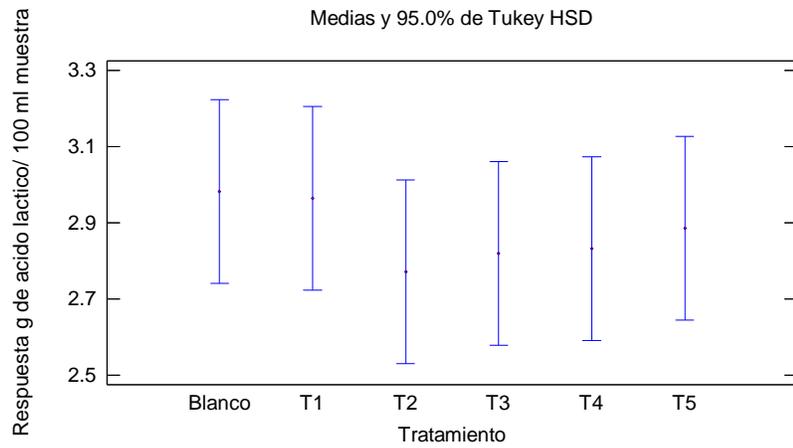
### Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tratamiento

**Tabla 26.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T2	5	2.772	0.108322	X
T3	5	2.82	0.108322	X
T4	5	2.832	0.108322	X
T5	5	2.886	0.108322	X
T1	5	2.964	0.108322	X
Blanco	5	2.982	0.108322	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Blanco - T1		0.018	0.481656
Blanco - T2		0.21	0.481656
Blanco - T3		0.162	0.481656
Blanco - T4		0.15	0.481656
Blanco - T5		0.096	0.481656
T1 - T2		0.192	0.481656
T1 - T3		0.144	0.481656
T1 - T4		0.132	0.481656
T1 - T5		0.078	0.481656
T2 - T3		-0.048	0.481656
T2 - T4		-0.06	0.481656
T2 - T5		-0.114	0.481656
T3 - T4		-0.012	0.481656
T3 - T5		-0.066	0.481656
T4 - T5		-0.054	0.481656

\* indica una diferencia significativa.



**ANOVA PARA LA VARIABLE °BRIX.**

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

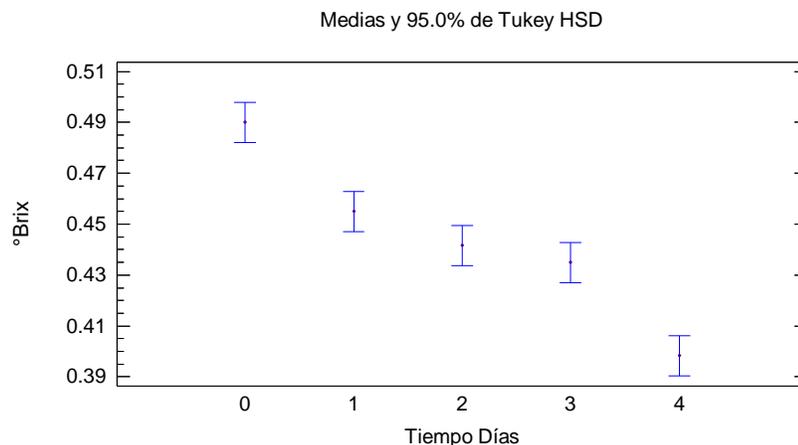
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tiempo

**Tabla 27.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	6	0.398333	0.003727	X
3	6	0.435	0.003727	X
2	6	0.441667	0.003727	XX
1	6	0.455	0.003727	X
0	6	0.49	0.003727	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	0.035	0.015776
0 - 2	*	0.0483333	0.015776
0 - 3	*	0.055	0.015776
0 - 4	*	0.0916667	0.015776
01-02		0.0133333	0.015776
01-04	*	0.02	0.015776
01-04	*	0.0566667	0.015776
02-03		0.0066667	0.015776
02-04	*	0.0433333	0.015776
03-04	*	0.0366667	0.015776

\* indica una diferencia significativa.



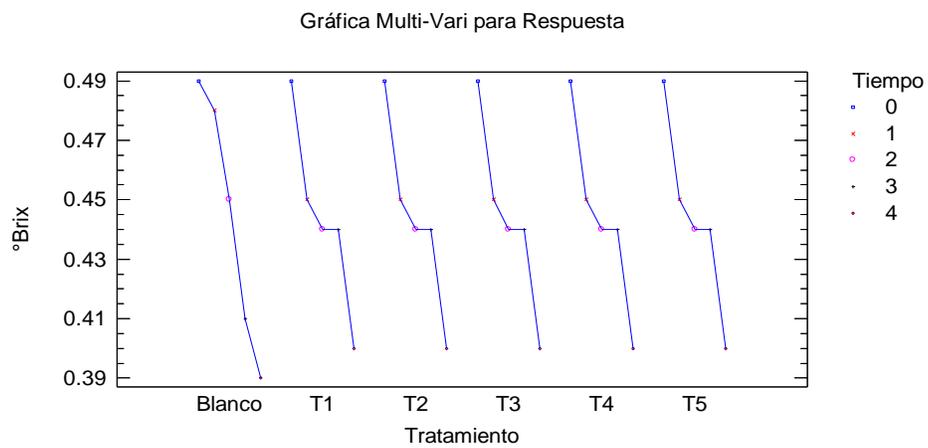
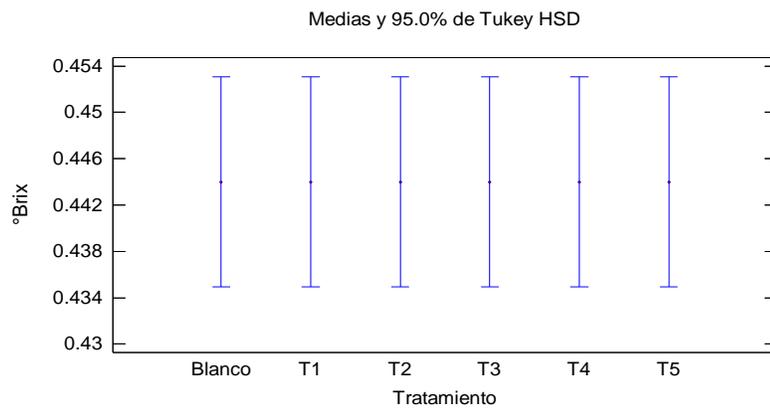
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tratamiento

**Tabla 28.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T1	5	0.444	0.0040825	X
T2	5	0.444	0.0040825	X
T3	5	0.444	0.0040825	X
T4	5	0.444	0.0040825	X
T5	5	0.444	0.0040825	X
Blanco	5	0.444	0.0040825	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Blanco - T1		0	0.0181529
Blanco - T2		0	0.0181529
Blanco - T3		0	0.0181529
Blanco - T4		0	0.0181529
Blanco - T5		0	0.0181529
T1 - T2		0	0.0181529
T1 - T3		0	0.0181529
T1 - T4		0	0.0181529
T1 - T5		0	0.0181529
T2 - T3		0	0.0181529
T2 - T4		0	0.0181529
T2 - T5		0	0.0181529
T3 - T4		0	0.0181529
T3 - T5		0	0.0181529
T4 - T5		0	0.0181529

\* indica una diferencia significativa.



**ANOVA PARA LA VARIABLE DENSIDAD**

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

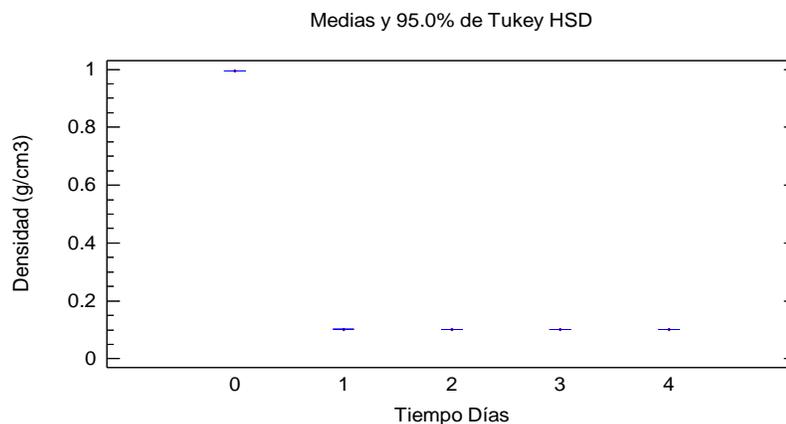
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tiempo

**Tabla 29.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	6	0.101972	5.429E-05	X
3	6	0.102038	5.429E-05	X
2	6	0.102101	5.429E-05	XX
1	6	0.10228	5.429E-05	X
0	6	0.995231	5.429E-05	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	0.892951	0.0002298
0 - 2	*	0.893129	0.0002298
0 - 3	*	0.893192	0.0002298
0 - 4	*	0.893259	0.0002298
01-feb		0.0001787	0.0002298
01-mar	*	0.0002417	0.0002298
01-abr	*	0.000308	0.0002298
02-mar		6.297E-05	0.0002298
02-abr		0.0001293	0.0002298
03-abr		6.634E-05	0.0002298

\* indica una diferencia significativa.



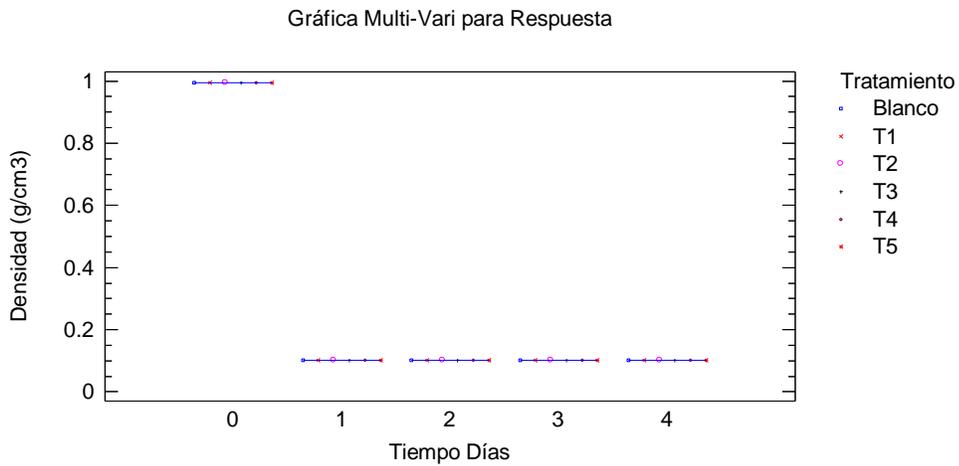
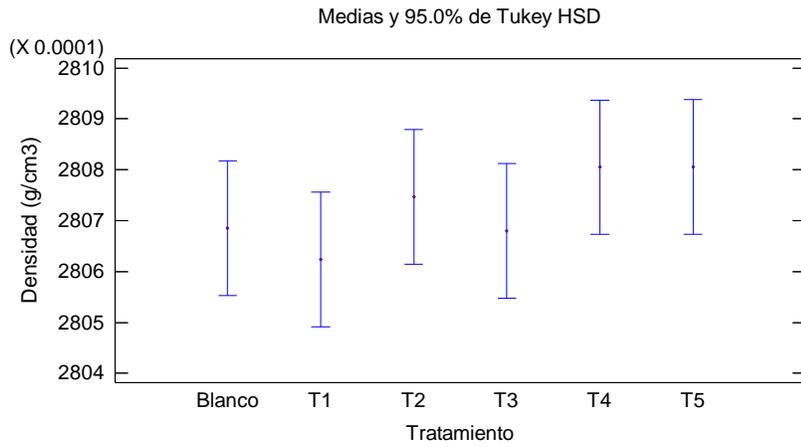
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tratamiento

**Tabla 30.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T1	5	0.280624	5.947E-05	X
T3	5	0.28068	5.947E-05	X
Blanco	5	0.280686	5.947E-05	X
T2	5	0.280747	5.947E-05	X
T4	5	0.280805	5.947E-05	X
T5	5	0.280805	5.947E-05	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Blanco - T1		6.134E-05	0.0002644
Blanco - T2		-6.15E-05	0.0002644
Blanco - T3		5.96E-06	0.0002644
Blanco - T4		-0.000119	0.0002644
Blanco - T5		-0.00012	0.0002644
T1 - T2		-0.000123	0.0002644
T1 - T3		-5.54E-05	0.0002644
T1 - T4		-0.000181	0.0002644
T1 - T5		-0.000181	0.0002644
T2 - T3		0.0000675	0.0002644
T2 - T4		-5.79E-05	0.0002644
T2 - T5		-5.81E-05	0.0002644
T3 - T4		-0.000125	0.0002644
T3 - T5		-0.000126	0.0002644
T4 - T5		-1.94E-07	0.0002644

\* indica una diferencia significativa.



**ANOVA PARA LA VARIABLE TURBIDEZ**

ANOVA Multifactorial - Respuesta

Variable dependiente: Respuesta

Factores:

Tiempo

Tratamiento

Número de casos completos: 30

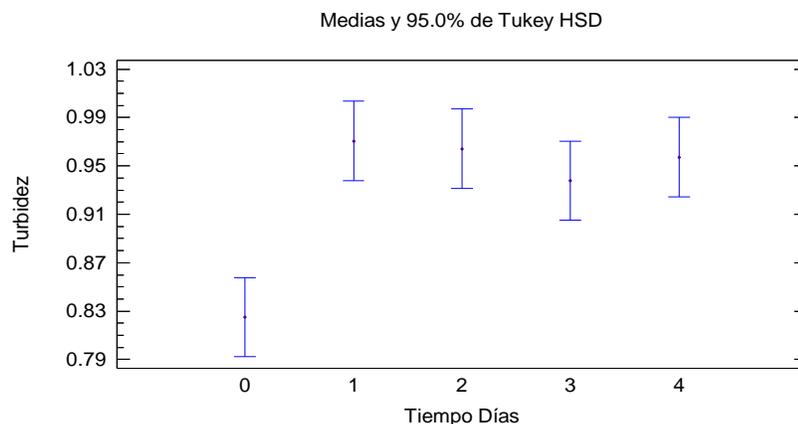
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tiempo

*Tabla 31.* Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	6	0.825	0.0155053	X
3	6	0.937833	0.0155053	X
4	6	0.957167	0.0155053	X
2	6	0.964167	0.0155053	X
1	6	0.970667	0.0155053	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-0.145667	0.0656362
0 - 2	*	-0.139167	0.0656362
0 - 3	*	-0.112833	0.0656362
0 - 4	*	-0.132167	0.0656362
01-feb		0.0065	0.0656362
01-mar		0.0328333	0.0656362
01-abr		0.0135	0.0656362
02-mar		0.0263333	0.0656362
02-abr		0.007	0.0656362
03-abr		-0.019333	0.0656362

\* indica una diferencia significativa.



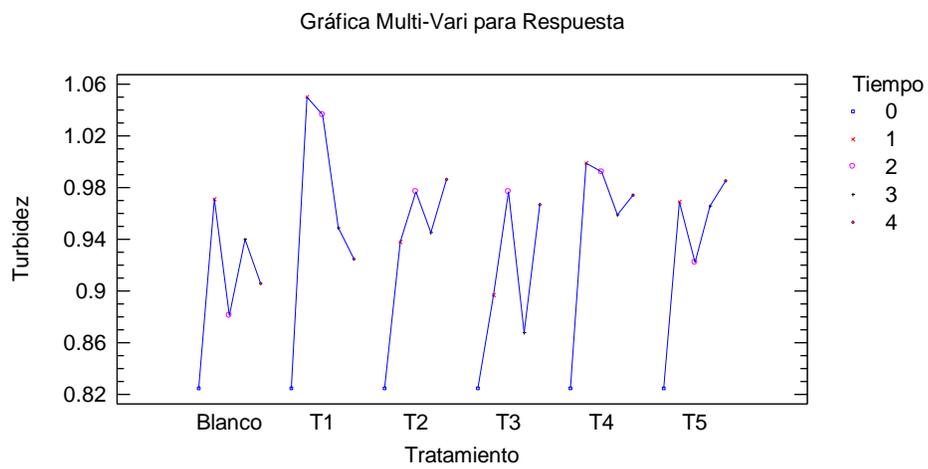
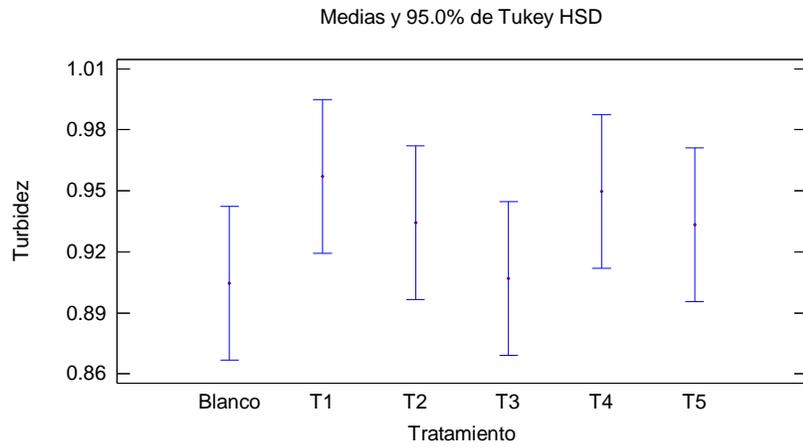
Pruebas de Múltiple Rangos para Respuesta por Tratamiento

**Tabla 32.** Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	5	0.9046	0.0169852	X
T3	5	0.9068	0.0169852	X
T5	5	0.9334	0.0169852	X
T2	5	0.9342	0.0169852	X
T4	5	0.9498	0.0169852	X
T1	5	0.957	0.0169852	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Blanco - T1		-0.0524	0.0755252
Blanco - T2		-0.0296	0.0755252
Blanco - T3		-0.0022	0.0755252
Blanco - T4		-0.0452	0.0755252
Blanco - T5		-0.0288	0.0755252
T1 - T2		0.0228	0.0755252
T1 - T3		0.0502	0.0755252
T1 - T4		0.0072	0.0755252
T1 - T5		0.0236	0.0755252
T2 - T3		0.0274	0.0755252
T2 - T4		-0.0156	0.0755252
T2 - T5		0.0008	0.0755252
T3 - T4		-0.043	0.0755252
T3 - T5		-0.0266	0.0755252
T4 - T5		0.0164	0.0755252

\* indica una diferencia significativa.



## ESPECTROS DE CHICHA DE JORA Y SU EFECTO CON TRATAMIENTO DE OZONO

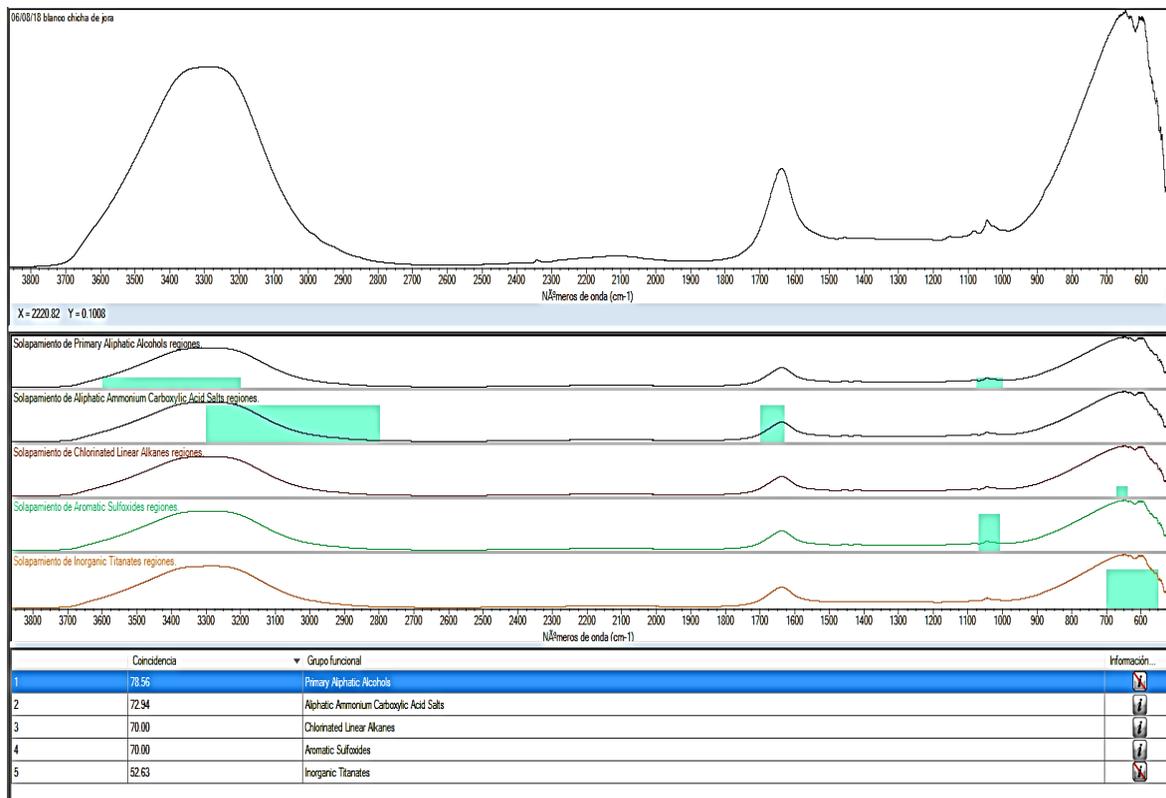
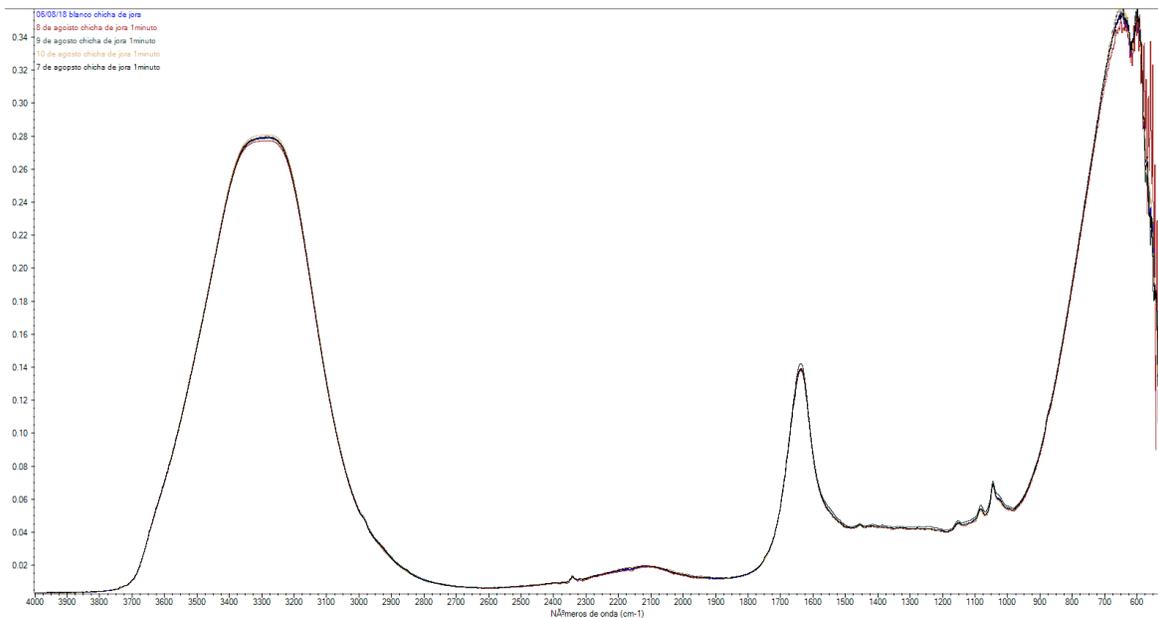
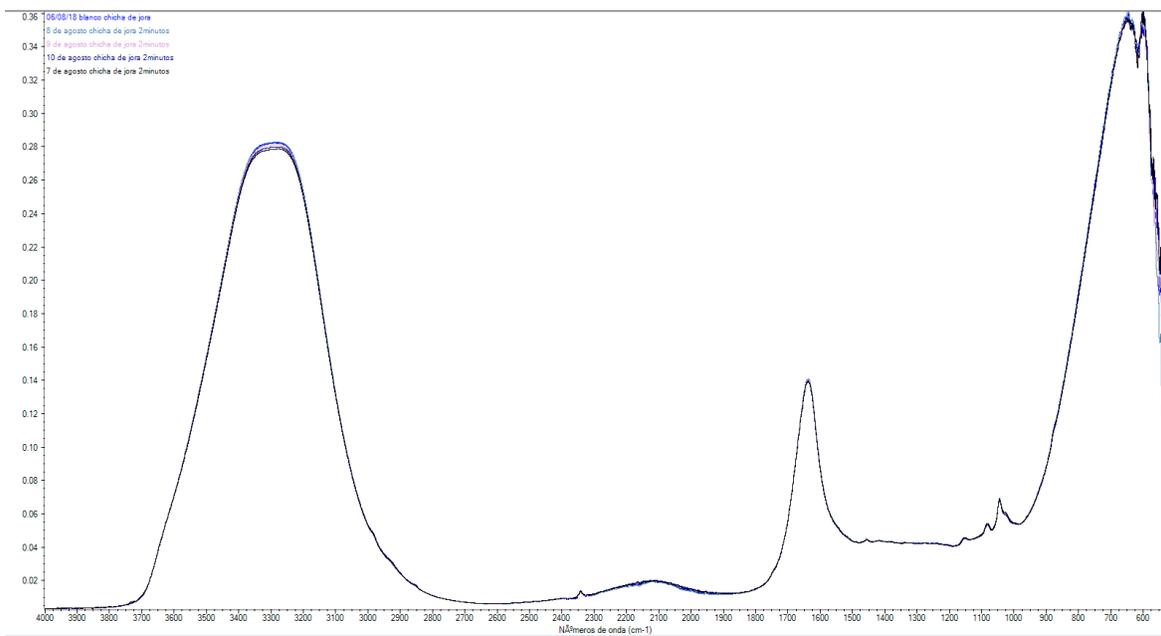


Figura 24. Áreas de grupos funcionales.

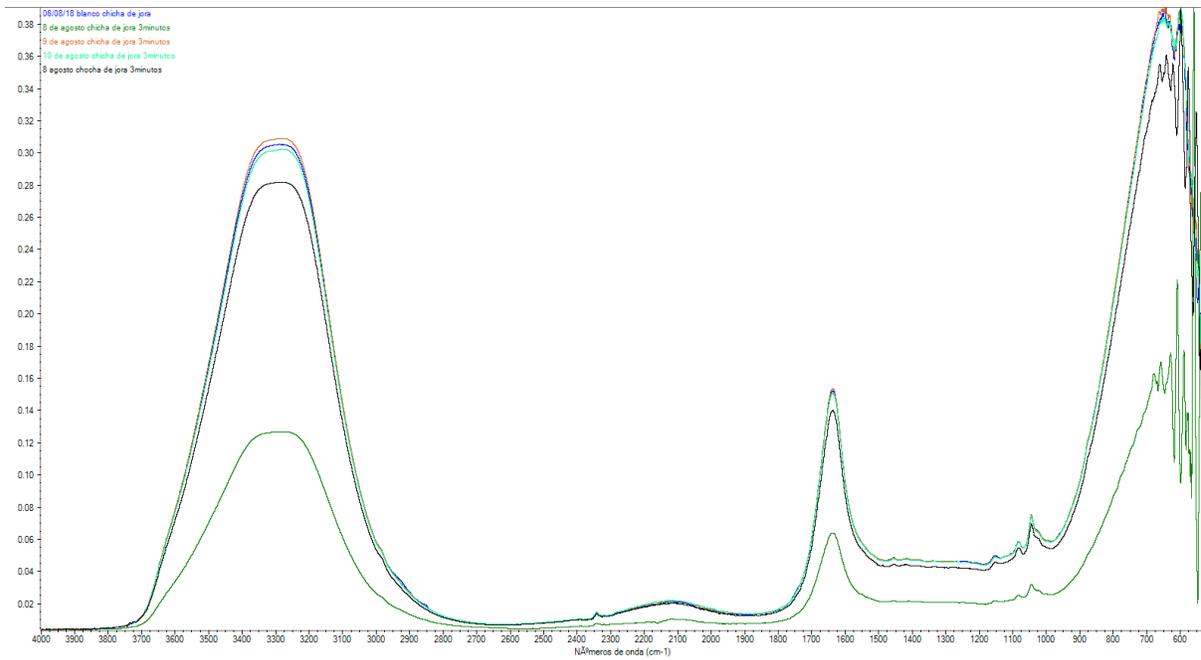
## TRATAMIENTOS DE OZONIZACIÓN POR TIEMPO.



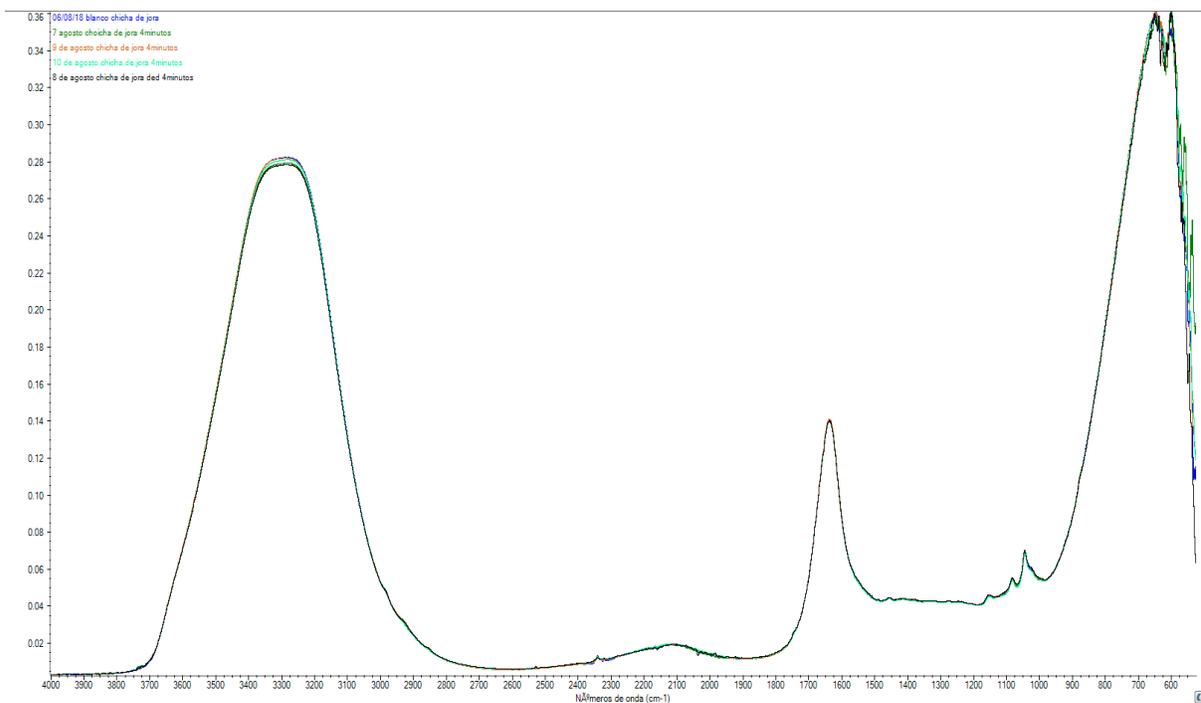
*Figura 25.* Tratamiento de 1 minuto de ozonización.



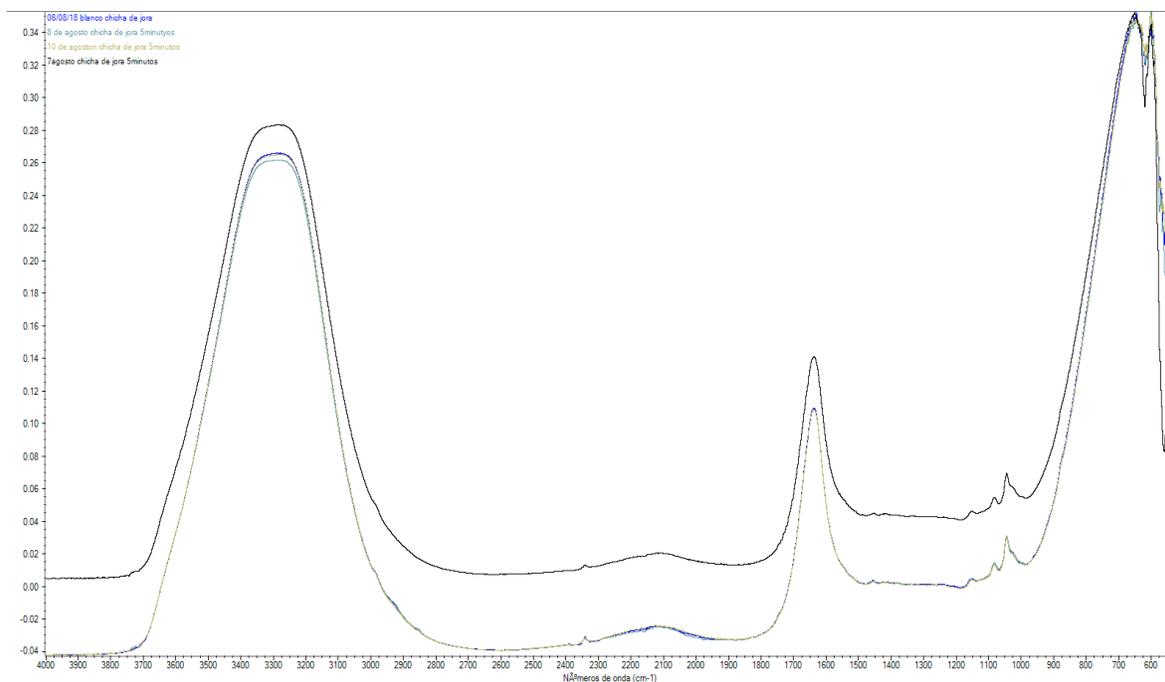
*Figura 26.* Tratamiento con 2 minutos de ozonización.



**Figura 27.** Tratamiento con 3 minutos de ozonización.

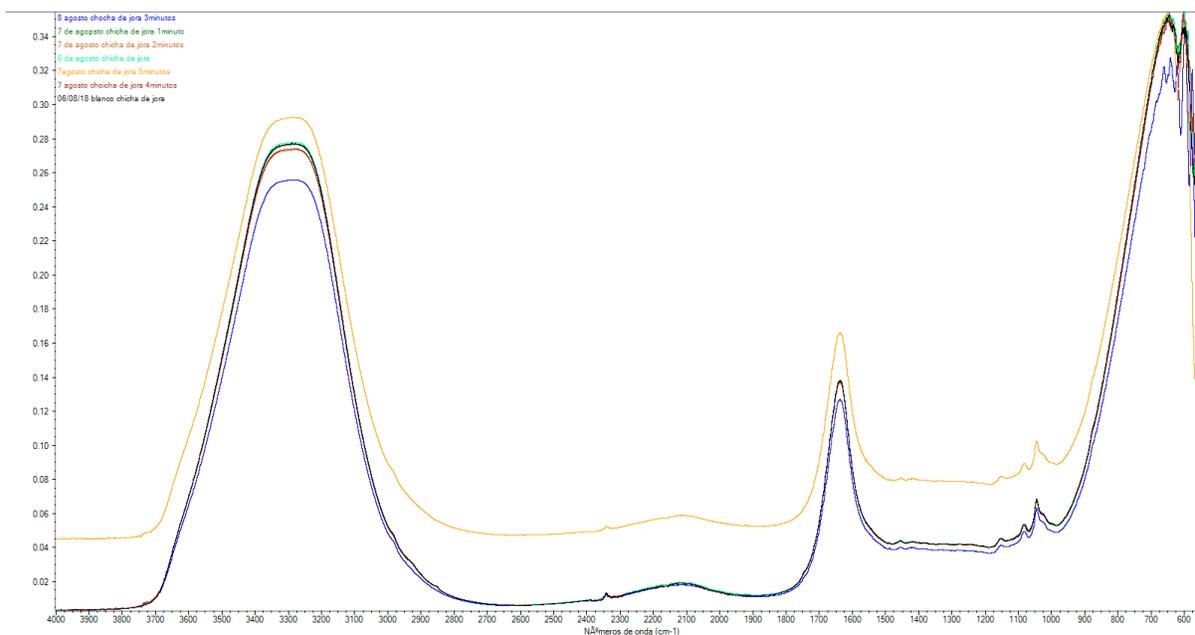


**Figura 28.** Tratamiento de 4 minutos de ozonización.

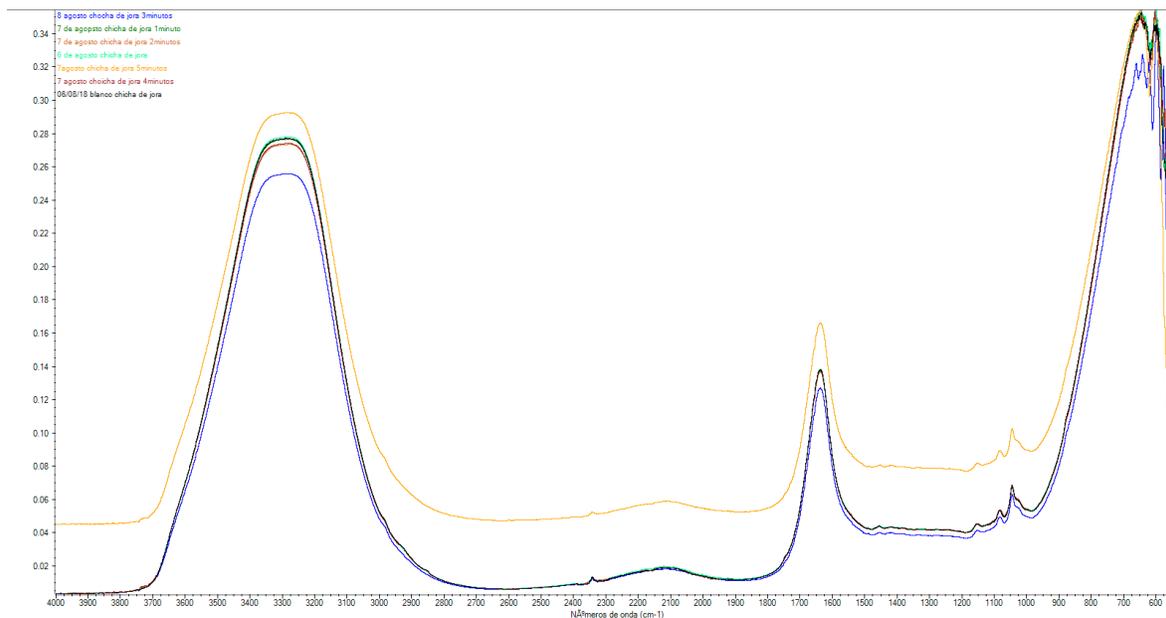


**Figura 29.** Tratamiento con 5 minutos de ozonización.

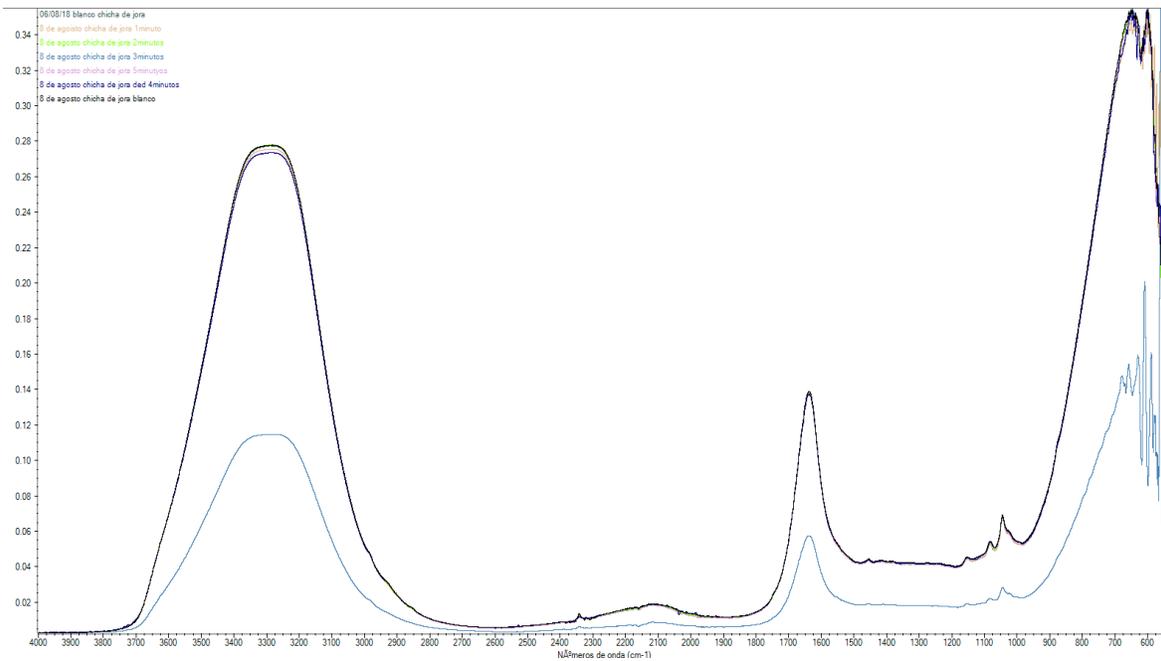
## TRATAMIENTOS DE OZONIZACIÓN POR TIEMPO.



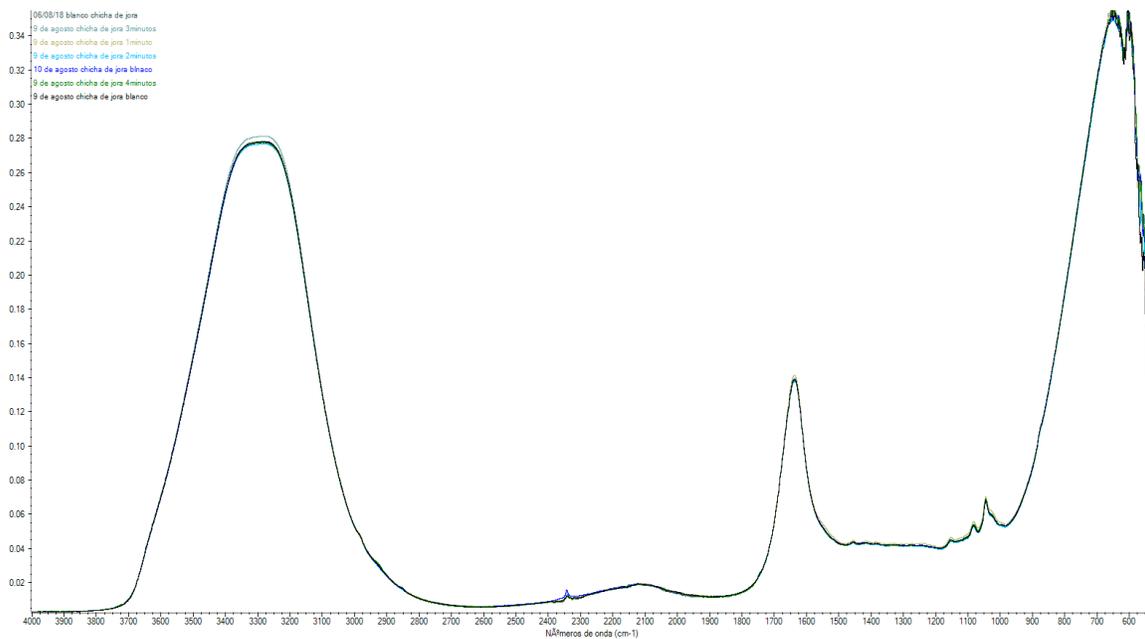
*Figura 30.* Primer día de evaluación.



*Figura 31.* Segundo día de evaluación.



**Figura 32.** Tercer día de evaluación.



**Figura 33.** Cuarto día de evaluación.

## APENDICE

### APENDICE1.

#### EVALUACION SENSORIAL DE LA CHICHA DE JORA

Fecha: \_\_\_\_\_

Panelista: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

¿El color es característico de la chicha de jora?

Si

No

¿Identifica usted el olor o aroma a chicha de jora?

Si

No

¿Cómo considera el sabor de la chicha de jora?

Aceptable

No aceptable

¿Cómo considera la textura de la chicha de jora?

Aceptable

No aceptable

Nota: Para determinar la textura es necesario diferenciar estas condiciones.

Muy aguado

Muy espeso

Espesor normal

¿Qué característica le agrada más de la Chicha de Jora?

.....  
.....  
.....