UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DE LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENZIMA PECTOLÍTICA

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

JEAN POL ESPINOZA VÁSQUEZ

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **JEAN POL ESPINOZA VÁSQUEZ,** denominada **"EVALUACIÓN DE LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENZIMA PECTOLÍTICA"** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL.**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **(17) DIECISIETE.**

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL,** de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 27 de noviembre de 2023.

.....	.....
Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo	Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.
Presidente	Secretario
.....	.....
Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.	Ing. Carlos Ruiz Padilla, Mg.
Miembro	Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo ……
Presidente

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc. ……
Secretario

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc. ……
Miembro

Ing. Carlos Ruiz Padilla, Mg. ……
Asesor

Bach. Jean Pol Espinoza Vásquez ……
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0534-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENZIMA PECTOLÍTICA.**"

Autor(es)	:	**ESPINOZA VÁSQUEZ, JEAN POL**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**Ing. Agroindustrial**
Asesor(a)	:	**Mg. Ruiz Padilla, Carlos**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 04/09/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, JEAN POL ESPINOZA VÁSQUEZ

Autor de la tesis titulada : "EVALUACIÓN DE LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENZIMA PECTOLITICA".

Sustentada el año: 2023.

Asesor(a): ING. CARLOS RUÍZ PADILLA.

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS.

Escuela Profesional: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27 / 11 / 2023

Email: JEAN_ING.30@HOTMAIL.COM Firma: _____

Teléfono: 914535779 DNI: 74218519

DEDICATORIA

A mis padres, Hércules Espinoza y Juana Vásquez por su apoyo incondicional, motivarme y ser mi fortaleza para seguir adelante. A ustedes, mi eterno agradecimiento.

A mis hermanos, Maritza, Teddy, Jorge y Elizabeth por sus consejos que me motivaron y me ayudaron a mejorar cada día como persona.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la fortaleza necesaria que me dio para superar los diversos obstáculos encontrados durante el largo camino de mi carrera universitaria.

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi Alma Mater, por haberme brindado la oportunidad en mi formación durante 5 años para convertirme en un profesional competente.

A mi asesor el Ing. Carlos Ruiz Padilla por la orientación y dedicación brindada durante la ejecución de mi tesis.

Un agradecimiento especial a cada uno de los docentes por sus experiencias y conocimientos compartidos durante mi estadía como estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial.

A la Ing. Wendy Stefanny Vásquez Candela por el apoyo durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

A todas las personas que contribuyeron en la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN ..... **XI**

ABSTRACT ..... **XII**

LISTA DE CUADROS ..... **XIII**

LISTA DE FIGURAS ..... **XIII**

I. INTRODUCCIÓN **1**

II. REVISIÓN DE LITERATURA **3**

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN **3**

2.2. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZUCAR **5**

2.2.1. Origen **5**

2.2.2. Descripción botánica **5**

2.2.3. Clasificación botánica y composición química **7**

2.3. JUGO DE CAÑA DE AZUCAR **9**

2.3.1. Definición **9**

2.3.2. Composición química **9**

2.3.3. Beneficios para la salud **10**

2.3.4. Minerales y vitaminas del jugo de caña **11**

2.4. Enzimas **12**

2.4.1. Enzimas pectolíticas **13**

2.5. Espectrofotometría **15**

2.5.1. Espacio de color CIE 16

2.5.2. Clarificación 17

2.5.3. Clarificantes en bebidas fermentadas 18

III. MATERIALES Y MÉTODOS 20

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 20

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS 20

3.2.1. Materia Prima 20

3.2.2. Insumos 20

3.2.3. Materiales de laboratorio 20

3.2.4. Equipos de laboratorio 21

3.2.5. Materiales de escritorio 21

3.3. MÉTODOS 22

3.3.1. Proceso de elaboración 22

3.3.1.1. Diagrama de flujo 22

3.3.1.2. Descripción del proceso de elaboración 23

3.3.2. Análisis de laboratorio 24

3.3.2.1. pH 24

3.3.2.2. Grados ºBrix o Solidos solubles (°Bx) 25

3.2.2.3. Acidez Total 25

3.2.2.5. Determinación de color (CIE 1031) 26

3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN 27

3.4.1. Modelo matemático 27

3.4.2. Medición de las variables independientes y dependientes 28

3.4.3. Tratamientos experimentales 28

3.4.3. Tipo de investigación 29

3.4.4. Población y muestra 30

3.4.5. Hipótesis planteada 30

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 31

4.1. Determinación de las características fisicoquímicas 31

4.1.1. Sólidos Solubles (ºBrix) 31

4.1.2. Acidez titulable del jugo de caña de azúcar clarificado 35

4.2. Determinación de color mediante espectrofotometría 42

VI. CONCLUSIONES 50

VII. RECOMENDACIONES 51

VIII. LITERATURA CITADA 52

IX. ANEXOS 56

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali, con la finalidad de evaluar la clarificación del jugo de caña de azúcar utilizando diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas. Para el proceso de clarificación se le añadió diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas 0 g/L; 0,02 g/L; 0,025 g/L; 0,03 g/L y fue evaluado por tres tiempos de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 ºC (día 0, día 6 y día 11). Para la evaluación paramétrica se realizó un DCA con arreglo factorial de AxB para lo cual fueron determinantes dos factores de estudio Factor A: concentración de enzimas y Factor B: Tiempo de almacenamiento. Los análisis fisicoquímicos determinados fueron los sólidos solubles expresados en ºBrix, acidez titulable y potencial de hidrogeno (pH), además de determinar el color del jugo de caña clarificado por un espectrofotómetro. Respecto a la evaluación de tratamientos en estudio se encontró diferencias significativas en el ºBrix con p valué de < 0,05 para ello se aplicó la prueba de comparación múltiple de tukey con un nivel de confianza del 95%, obteniéndose que el T_1 y T_2 tienen un ºBrix de 18,7 mientras que el T_3 y T_4 un ºBrix de 18,2 y 18,3, Mientras que para la acidez titulable y pH no se reportaron diferencias significativas y posee los siguientes parámetros; acidez titulable 0,1% y un pH de 5,1. Así mismo, el resultado obtenido para la clarificación del jugo de caña por espectrofotómetro nos revela que el T_4 donde se añadió 0,03g/L de enzima pectolítica es el que dio mejores resultados en la clarificación del jugo con valores de X: 5,87; Y: 0,06; Z: 1,99 en el espacio de color CIE.

Palabras claves: Jugo de caña de azúcar, enzimas pectolíticas, clarificado.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the agroindustrial engineering laboratories of the National University of Ucayali, with the purpose of evaluating the clarification of sugarcane juice using different concentrations of pectolytic enzymes. For the clarification process, different concentrations of pectolytic enzymes were added: 0 g/L; 0,02 g/L; 0,025 g/L; 0,03 g/L and it was evaluated by three times of refrigerated storage at a temperature of 4 ºC (day 0, day 6 and day 11). For the parametric evaluation, a DCA was carried out with a AxB factorial arrangement, which was determined by two Factory A study factors: enzyme concentration and Factory B: Storage time. The determined physicochemical analyzes were the soluble solids expressed in ºBrix, titratable acidity and hydrogen potential (pH), in addition to determining the color of the cane juice clarified by a spectrophotometer. Regarding the evaluation of treatments under study, significant differences were found in ºBrix with a p value of < 0,05, for which the Tukey multiple comparison test was applied with a confidence level of 95%, obtaining that the cane juice of T_1 and T_2 have a ºBrix of 18,7 while T_3 and T_4 have a ºBrix of 18,2 and 18,3 while for the titratable acidity and pH no significant differences were reported and it has the following parameters; titratable acidity 0,1% and a pH of 5,1. Likewise, the result obtained for the clarification of the cane juice by spectrophotometer reveals that the T_4 where 0,03g/L of pectolytic enzyme was added is the one that gave the best results in the clarification of the juice with values of X: 5,87; Y: 0,06; Z: 1,99 in the CIE color space.

Keywords: Sugarcane juice, pectolytic enzymes, clarified.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación botánica.....7

Cuadro 2. Composición química de la caña de azúcar.....8

Cuadro 3. Tratamientos experimentales 29

Cuadro 5. Análisis de varianza del ºBrix del jugo de caña 32

Cuadro 6. Prueba múltiple de Tukey del ºBrix de las concentraciones 32

Cuadro 7. Prueba múltiple de Tukey del ºBrix 33

Cuadro 8. Acidez titulable del jugo de caña de azúcar.....35

Cuadro 9. Análisis de varianza de la acidez del jugo de caña 36

Cuadro 10. Promedio de potencial de hidrógeno.....39

Cuadro 11. Análisis de varianza del pH del jugo de caña de azúcar. 39

Cuadro 12. Determinación de intensidad del color.....43

Cuadro 13. Determinación de la tonalidad del color.....45

Cuadro 14. Determinación del color del jugo de caña clarificado.....47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enzima pectolítica.....14

Figura 2. Espacio CIE 17

Figura 3. Diagrama del proceso de ejecución de la investigación 22

Figura 4. ºBrix (Concentración y tiempo de almacenamiento).....33

Figura 5. ºBrix (Tiempo y concentración) 34

Figura 6. Acidez Titulable (concentración y almacenamiento) 37

Figura 7. Acidez titulable (concentración y almacenamiento) 37

Figura 8. pH (concentración y tiempo).....40

Figura 9. pH (concentración y tiempo).....40

Figura 10. Intensidad de color del jugo de caña clarificado.....44

Figura 11. Tonalidad del color del jugo de caña de azúcar clarificado. 45

I. INTRODUCCIÓN

En la región Ucayali existen extensas hectáreas de caña de azúcar, el cultivo de esta planta no solo representa una parte integral de la economía local, sino que también desempeña un papel esencial en la producción y comercialización del preciado jugo de caña de azúcar.

El jugo de caña de azúcar en nuestra región se comercializa en condiciones mínimas de salubridad para el consumo humano ya que no cumplen con las normas de buenas prácticas de manufactura (BPM) debido a que su elaboración aún no se encuentra considerada por la agroindustria; por lo general, los puntos de ventas de este producto se sitúan en avenidas o en jirones de mayor congestión vehicular y peatonal, teniendo gran aceptabilidad por su frescura, sabor agradable y por sus propiedades nutricionales ya que contiene beneficios como el calcio, cromo, cobalto, cobre, magnesio, manganeso, fósforo, potasio y zinc. También contiene hierro y vitaminas A, C, B1, B2, B3, B5, B6 y, junto con la alta concentración de fito nutrientes, antioxidantes, proteínas y fibra soluble lo cual genera mayor consumo por parte de la población.

Al comprar jugo de caña observamos un color oscuro el cual presenta un aspecto no agradable por la presencia de impurezas y de sólidos en suspensión por que el producto no pasa por la etapa de la clarificación. Una adecuada clarificación del jugo de la caña, contribuye a la calidad nutritiva y sensorial del producto final, en aspectos como el color. Garantizando de tal manera al consumidor un producto agroindustrial inocuo.

En este contexto, el uso de enzimas pectolíticas ha surgido como una herramienta innovadora y eficaz para mejorar el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar, ofreciendo beneficios significativos en términos de eficiencia y calidad del producto final.

En tal sentido en este proyecto de investigación se busca evaluar la clarificación del jugo de caña de azúcar utilizando diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas con el fin de mejorar el color, disminuir la turbidez y facilitar su clarificación brindando una alternativa para el mejor aprovechamiento óptimo del jugo de caña de azúcar.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

D'Ortignacq Ramos (2015) realizó la clarificación de néctar de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) mediante el uso de pectinasas para lo cual realizo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x2+1, que correspondió a 3 concentraciones de mix enzimático (20, 120 y 240 ppm), 2 tiempos de incubación (60 y 120 minutos) y 1 control, sólo filtrado sin aplicación de pectinasas. Para obtener los resultados se evaluó rendimiento, turbidez y sólidos solubles, analizando los datos mediante ANOVA y Test de Tukey (α=0,05). Los rendimientos y sólidos solubles aumentaron con el uso de tratamientos enzimáticos. Esto significa que la claridad se vio afectada positiva o negativamente según la concentración de la mezcla de enzimas utilizada. El mejor tratamiento fue el tratamiento con la mayor concentración de enzima y el mayor tiempo de incubación. Este néctar fue bien recibido por 81 consumidores, con una mediana favorabilidad de 5,15, lo que equivale a "gustar un poco" en la escala hedónica.

Garcia Rujano et al., (2015) en su investigación evaluó el efecto de la concentración de enzimas y el tiempo de incubación sobre las variables de clarificación en un jugo mango. Aplicó un diseño de superficie de respuesta para dos factores, analizando la filtrabilidad, sólidos solubles totales (SST), turbidez, absorbancia y el rendimiento del filtrado (RF). Los resultados fueron: Al aumentar la concentración de enzima se incrementó la filtrabilidad y los sólidos solubles y la interacción enzima-tiempo (IET) causó un efecto altamente significativo en las variables de estudio.

Martinez et al., (2017) en su investigacion “Preparación de un jugo clarificado de frutas utilizando un concentrado enzimático de guayaba y papaya”, se centró en el procedimiento de la preparación de un jugo clarificado de frutas utilizando un concentrado enzimático de guayaba y papaya. Logrando asi dos concentrados de enzimas pécticas, a los cuales se le midió su actividad enzimática. Posteriormente, se evaluó la eficacia de los concentrados, antes y después de su incorporación al jugo de parchita, se concluyó que el concentrado enzimático de papaya resultó ser mejor agente clarificante respecto al de guayaba, observándose un mejoramiento en la apariencia y disminución en la turbidez.

Centeno Ordoño (2016) en su investigación, su objetivo fue evaluar el efecto del hidrólisis enzimática y la pasteurización en la calidad de una bebida fermentada a base de maíz morado (Zea Mays) variedad Kull. En el proceso de clarificación se utilizaron tres complejos enzimáticos: E1: Rohavin Clear (pectinasa/celulasa/hemicelulasa), E2: Rohalase Bx (β-glucanasa/proteasa) y E3: Rohalase Oder (β-glucanasa/celulasa/en<doxilanasa). En el proceso de pasteurización se utilizaron dos tiempos de calentamiento y 6 tratamientos los cuales se compararon con una muestra de referencia (bebida fermentada pasteurizada o clarificada) para su evaluación. Mientras que el complejo enzimático ROHAVIN CLEAR (pectinasa/celulasa/hemicelulasa) fue más efectivo en la clarificación porque redujo significativamente la turbidez, los tiempos de pasteurización no afectaron significativamente los resultados, ya que se comportaron de manera similar en todos los tratamientos, siendo ambos tiempos efectivos para reducir los microorganismos a niveles aceptables.

2.2. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZUCAR

2.2.1. Origen

La caña (Saccharum officinarum) tiene su origen genético en Nueva Guinea. Según Acuña Pinto (2009) la caña de azúcar es originaria de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. Alejandro Magno lo trajo de la India a Persia, los árabes lo llevaron a Siria, Palestina, Arabia y Egipto, desde donde se extendió por todo el continente africano y el sur de Europa.

2.2.2. Descripción botánica

Según Morales & Napoles (2012) la caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. Para Centeno Ordoño (2016) la sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico.

- **La raíz:** Según Carrillo (2014) muestra que la raíz es del tipo fibrosa, llamada cepa en la industria azucarera latinoamericana, que se extiende hasta una profundidad de 80 cm en suelos profundos, de los cuales el 80 por ciento se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte importante de la planta porque, además de anclarla, también permite la absorción

de nutrientes y agua, lo que es especialmente necesario para las plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora retira las raíces cuando están muy superficiales y cuando se unen al suelo arenoso.

- **El tallo:** Según Acuña Pinto (2009) la parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida.

- **La hoja:** según Olguín (2013) la hoja tiene forma de vaina, su función principal es proteger la yema, nace en los nudos internos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas inferiores envejecen, caen y son reemplazadas por las visibles en los nudos superiores. En los nudos también nacen cogollos, de los cuales puede nacer una nueva planta bajo ciertas condiciones especiales. Las flores son completamente hermafroditas. La manipulación sexual o de semillas solo se usa en programas de mejoramiento para producir híbridos más productivos que sean resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adecuados para un área determinada.

2.2.3. Clasificación botánica y composición química

Según Olguín (2013) en el cuadro 1 muestra la clasificación botánica de la caña de azúcar.

Cuadro 1. Clasificación botánica

División	Embryophita siphonogama
Subdivisión	Angiospémae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogonae
Subtribu	Saccharae
Género	Saccharum
Especie	Officinarum, L.

Fuente: Olguín (2013).

Según Chávez Solera (1985) en el cuadro 2 muestra el promedio de la composición química de la caña de azúcar.

Cuadro 2. Composición química de la caña de azúcar

CONSTITUYENTE QUÍMICO	PORCENTAJE
EN LOS TALLOS:	
Agua	73 – 76
Sólidos	24 – 27
Sólidos Solubles (ºBrix)	10 – 16
Fibra (Seca)	11 – 16
EN EL JUGO:	
Sacarosa	75 – 92
Glucosa	70 – 88
Fructuosa	2 - 4
Inorgánicas	3,0 – 3,4
Orgánicas	1,5 – 4,5
Ácidos Orgánicos	1 - 3
Aminoácidos	1,5 – 5,5
Proteína	0,5 – 0,6
Almidones	0,001 – 0,050
Gomas	0,3 – 0,6
Ceras, grasas, etc.	0,15 – 0,50
Compuestos fenólicos	0,10 – 0,80

Fuente: Chavez Solera (1985)

2.3. JUGO DE CAÑA DE AZUCAR

2.3.1. Definición

El jugo de caña de azúcar es una bebida nutritiva e hidratante comúnmente consumida en las Américas en países productores de caña de azúcar como Colombia, Perú, Cuba, Venezuela, República Dominicana, Puerto Rico y Panamá. Este jugo también es conocido como "Guarapo". término que varía de un lugar a otro, en muchos de estos países puede ser la bebida alcohólica que se obtiene al fermentar el jugo, y en otros países simplemente significa la extracción de ese jugo (Carrillo, 2014).

De acuerdo a Gutiérrez Sarmiento & Pulla Aguirre (2017) el jugo de caña es una bebida obtenida a partir de la caña de azúcar mediante un proceso de molienda realizado por máquinas denominada trapiches, este producto se consume inmediatamente ya que se lo considera una bebida refrescante y energética por su alto contenido de miel proporcionando un sabor inigualable, este también se puede fermentar por algunos días alcanzando cierto grado alcohólico.

2.3.2. Composición química

Según Cobeña & Loor (2016) el jugo de caña está compuesto por azúcares, sustancias solubles llamadas no azúcares y agua. Entre la principal se encuentra la sacarosa, siguiéndole en concentraciones decrecientes: la glucosa, fructosa y los oligosacáridos. Los no azúcares son sales de ácidos orgánicos e inorgánicos, ácidos carboxílicos, aminoácidos, proteínas, polisacáridos solubles, almidón, ceras y grasa y otros compuestos minoritarios, tales como flavonoides, polifenoles, entre otros.

En términos globales la caña está constituida principalmente por jugo y fibra, siendo la fibra la parte insoluble en agua formada por celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la glucosa (Dextrosa). A los sólidos solubles en agua expresados como porcentaje y representados por la Sacarosa (Chaves, 2004).

2.3.3. Beneficios para la salud

Según Chaves (2004) el jugo de caña de azúcar tiene los siguientes beneficios para la salud:

- Mejora la Digestión: Gracias a su composición rica en potasio y fibra soluble ayuda a equilibrar los niveles naturales de pH del estómago, al tiempo que regula el funcionamiento del sistema digestivo y facilita la secreción de jugos digestivos en cantidades apropiadas. De esta manera ayuda a los problemas intestinales.
- Rehidrata: Constituye una bebida rehidratante y energizante debido a su alto contenido en fósforo y zinc.
- Ayuda a tratar la diabetes: Posee niveles glucémicos bajos (azúcar natural) que impiden la elevación de niveles de glucosa en la sangre, por lo que podría llegar a ser consumido como sustituto de bebidas gaseosas.
- Ayuda a prevenir el cáncer: El jugo de caña de azúcar es un alimento alcalino debido a la concentración de calcio, potasio, hierro, magnesio y manganeso.

- Es científicamente conocido que la presencia de proteínas en el cuerpo ayuda a mantener en óptimas condiciones los riñones, vías urinarias, previene no solo la aparición de cálculos renales, enfermedades de transmisión sexual sino también prostatitis, es por la recomendación que existe por parte de algunos expertos en la materia de ingerir paulatinamente el jugo de caña.

2.3.4. Minerales y vitaminas del jugo de caña

Según Jimenez et al., (2014) la caña de azúcar se asocia con la producción de sacarosa o azúcar de mesa. Sin embargo, también es fuente de importantes sustancias fitoquímicos como son los antioxidantes, la fibra dietética y las vitaminas y minerales, los cuales mejoran la rehidratación de atletas durante el ejercicio, ejercen efecto profiláctico contra virus y bacterias en animales y producen un efecto anticariogénico y antianémico en humanos. Los metabolitos de la caña de azúcar con actividad funcional se encuentran en diferentes partes de la planta: bagazo, jugo, hojas y productos como la panela. La presencia de estos metabolitos con actividad funcional en humanos y animales permite a incluir a la caña de azúcar dentro del grupo de alimentos funcionales. la caña de azúcar, rico en minerales importantes: calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio, hierro, manganeso, zinc y cobre; vitaminas: vitamina A, vitaminas B1, B2, B5, B6, vitamina C, vitamina D2 y vitamina E. El magnesio fortalece el sistema nervioso, ayuda a relajar los músculos, alivia la fatiga y cuida de los vasos sanguíneos. También, junto con el selenio, actúa como un antioxidante y tiene propiedades para eliminar los radicales libres del cuerpo. El potasio y el sodio, presentes en bajas cantidades en el jaggery mantienen el equilibrio ácido en las células del cuerpo y ayudan en el control de la presión

arterial. El hierro ayuda a prevenir la anemia, ayuda a aliviar la tensión y se encarga del asma, ya que tiene propiedades antialérgicas

2.4. Enzimas

Según Centeno Ordoño (2016) las enzimas son proteínas presentes en todas las células vivas de plantas, animales y microorganismos. Funcionan como catalizadores para las reacciones químicas que se produce en la naturaleza. Las enzimas ejercen su actividad sin que sean consumidas ellas mismas como parte de la reacción, pero su presencia produce un gran incremento en la velocidad de dicha reacción, Las enzimas tienen una estructura tridimensional globular y sólo presentan actividad cuando tienen una conformación espacial que permite establecer una disposición óptima de los aminoácidos de su centro activo o sitio catalítico. Actualmente se conoce la existencia de más de 3000 tipos de reacciones catalizadas por enzimas; muchas enzimas ya han sido aisladas, purificadas y cristalizadas. Para que las reacciones enzimáticas se activen depende de varios factores, dentro de los que destacan el pH del medio de reacción, la temperatura, la concentración de sustrato y de enzima, y el agua disponible en el medio, entre los más importantes.

Según Acuña Pinto (2009) la biotecnología alimentaria se basa en el uso de las tecnologías biológicas que tienen como producto las enzimas, que se emplean para la producción, transformación y preservación de alimentos, en los procesos de transformación ayuda a mejorar las características organolépticas, químicas, fisicoquímicas y nutricionales, también ayuda en la fabricación de materias primas y aditivos.

Las enzimas que intervienen en enología proceden de la misma uva, de microorganismos y de hongos que tienen una acción beneficiosa o desfavorable, que, en muchos casos, no son suficientes, ni eficientes en las condiciones de vinificación. Esto es debido a que, en algunos casos, las enzimas de la uva o de los microorganismos de la vinificación quedan inhibidas por la composición del mosto. Por tal razón en la actualidad es deseable, en algunos casos, compensar o reforzar esta deficiencia de actividad recurriendo a otros métodos de transformación por medio de la utilización de enzimas industriales. Estos preparados enzimáticos comerciales tienen actividades enzimáticas principales o segundarias. Las primeras aplicaciones de las enzimas fueron la clarificación y la filtración, luego comienza la búsqueda de acciones enzimáticas relacionadas sobre todo en la extracción de aromas, de color o con el acabado de un vino. Los productos industriales son comercializados con una denominación que identifica alguna etapa tecnológica específica como por ejemplo enzimas pectolíticas; en realidad corresponden a preparados que tienen diversas actividades enzimáticas, pero generalmente hay una que es la principal.

2.4.1. Enzimas pectolíticas

Las pectinasas son un grupo de enzimas líticas; es decir, son los encargados de romper las cadenas poliméricas de las sustancias pectínicas (moléculas de ramnosa y ácido galacturónico). Las enzimas son proteínas que facilitan las reacciones bioquímicas y funcionan a bajas concentraciones. Los preparados enzimáticos en vinificación son una herramienta muy precisa para

solucionar problemas técnicos relacionados con la sedimentación o el prensado, así como para aprovechar las propiedades aromáticas y cromáticas de la uva.

Una combinación adecuada de diferentes actividades enzimáticas permite evaluar mostos y vinos y obtener una cosecha rentable (Producción, 2019). La pectina es el ácido poligalacturónico, es el constituyente de la pared celular en una gran cantidad de frutas; y su importancia en las industrias alimentarías es debido a su capacidad de formar geles con ácido y azúcar. La estructura de la pectina se observa en la siguiente ilustración (Acuña Pinto , 2009).

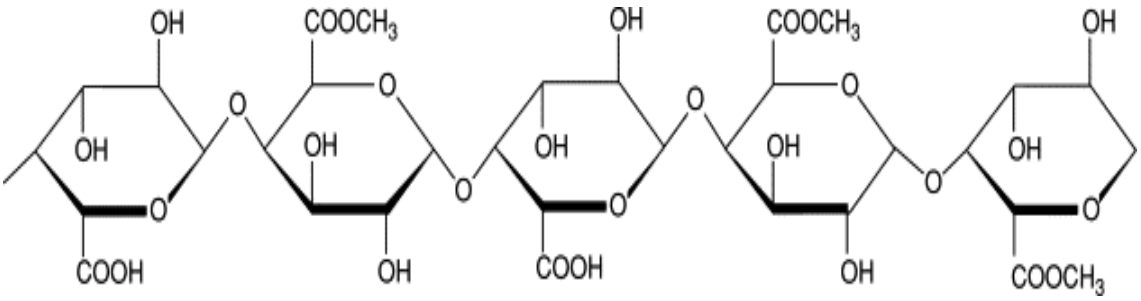


Figura 1. Enzima pectolítica

Según Acuña Pinto (2009) existen dos enzimas principales que participan en la hidrólisis de la pectina como la pectínmetilesterasa que hidroliza la pectina y la transforma en ácido poligalacturónico o ácido péctico, y metanol; y la otra enzima péctica es la poligalacturonasa (PG), que hidroliza el ácido poligalacturónico y lo transforma en ácido monogalacturónico. Se distinguen las enzimas endo-PG y exo-PG según la zona de ataque en la cadena pectídica. Las pectinasas obtenidas a partir de extractos vegetales o de mohos se aplican en las industrias alimenticias para la clarificación de jugos de frutas, vinos, vinagres, jarabes, y gelatinas que poseen sustancias pécticas en suspensión. La adición de pectinasas a frutas

maceradas como uvas ayuda a la extracción del jugo y obtención de vinos de fácil clarificación.

2.5. Espectrofotometría

Según Grall & Pasotti (2006) la espectrofotometría es un método analítico que utiliza los efectos de la interacción de las radiaciones electromagnéticas con la materia (átomos y moléculas) para medir la absorción o la transmisión de luz por las sustancias. Se refiere a los métodos, cuantitativos, de análisis químico que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas. Se conocen como métodos espectrofotométricos y, según sea la radiación utilizada, como espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, infrarroja.

La absorbancia y la transmitancia de una sustancia en disolución se miden con un aparato denominado espectrofotómetro, el cual consta básicamente de los siguientes componentes:

- Fuente de luz: Lámpara que emite una mezcla de longitudes de onda.
- Colimador: Conjunto de lentes que enfocan la luz convirtiéndola en un haz de rayos paralelos.
- Monocromador: Dispositivo que selecciona luz de una única longitud de onda.
- Detector fotoeléctrico: Transductor de luz en electricidad. La luz provoca el desplazamiento de electrones en el metal del detector, produciendo una corriente eléctrica que es proporcional a la intensidad de la luz recibida.
- Registrador: Mide la señal del detector, la compara y genera una medida en una escala determinada.

2.5.1. Espacio de color CIE

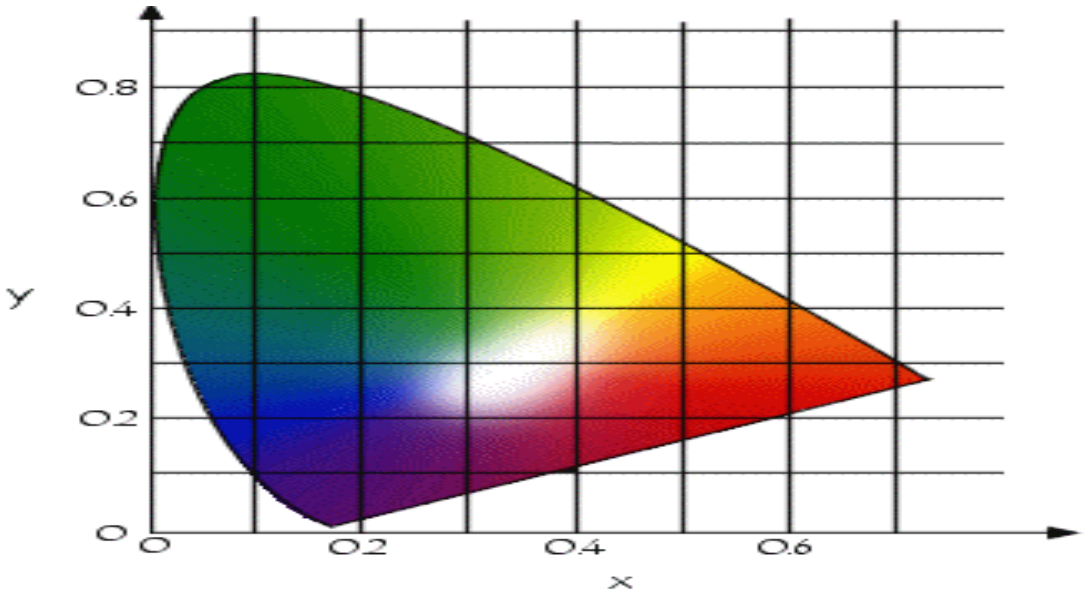
Según Commission Internationale d'Eclairage (2005), definió el criterio basándose en la percepción del color que tiene al ojo humano, gracias a un estímulo triple.

En 1931, la Comisión Internacional de Iluminación o CIE, que es la abreviatura de su nombre en francés, Commission Internationale de L'éclairage, estableció el primer sistema para definir científicamente los colores claros o colores aditivos . El CIE utilizó los datos producidos por Wright y Guild para desarrollar el Sistema de color CIE o el espacio de color CIE XYZ.

Los valores CIE XYZ, es decir, los valores triestímulos o la medida de la activación de las células cónicas de los tres tipos de células sensibles al color en la retina de nuestro ojo, normalmente se definen entre 0% y 100%. Pero a veces, debido a cómo funcionan las matemáticas, verá números por encima del 100%.

El CIE XYZ utilizó los valores de X, Y y Z y fue diseñado para que el valor de Y fuera una medida del brillo de un color. Los valores de X, Y y Z se utilizaron para derivar los parámetros de X e Y para poder trazar los colores en el gráfico de gama CIE.

Figura 2. Espacio CIE



2.5.2. Clarificación

Según Rincón (2007) los fabricantes de jugos de fruta se enfrentan a menudo con dos problemas. En primer lugar, es importante clarificar, es decir, eliminar las partículas suspendidas de productos tales como el vino y el jugo de manzana clarificado. En segundo lugar, hay casos en los que conviene retener el aspecto turbio del producto y evitar esa separación (jugos cítricos, productos del tomate, algunas bebidas sin alcohol). Ambos problemas se vinculan estrechamente a las sustancias pécticas y a las enzimas pectolíticas**.**

Los jugos turbios consisten en una suspensión de partículas muy finas (a menudo menos de una micra de diámetro) en un medio transparente (suero). La composición química y las propiedades físicas del suero pueden variar considerablemente de una fruta a otra y cada sistema debe estudiarse separadamente. Uno de los factores estabilizantes en los jugos turbios puede ser la carga electrostática de las partículas suspendidas. De acuerdo con esto, sugirieron

el empleo de polietilenamina para la clarificación de los vinos y jugos turbios. El precipitado así formado pronto sedimentará, arrastrando consigo todo el material suspendido, así como también los taninos, los cuales pueden ser adsorbidos sobre moléculas de gran tamaño como éstas. Otro método para lograr efectos similares consiste en el tratamiento de los líquidos turbios con preparados comerciales de enzimas pectolíticas, tales como el “pectinol”. Estos preparados se obtienen generalmente a partir de hongos y contienen PE y endo-PG. Sin embargo, cuando se requiere lo contrario, es decir una turbidez estable, se torna entonces necesario evitar, en la medida de lo posible, la desesterificación de la pectina. Los jugos cítricos deben tratarse térmicamente tan pronto como sea posible luego de su extracción a fin de inactivar la PE y evitar la clarificación (Rincón , 2007).

2.5.3. Clarificantes en bebidas fermentadas

Según Valencia Bustamante (2015) los licores después de un prolongado reposo tienden a pasar por un proceso de clarificación mediante el cual se lleva a cabo la separación de las partículas responsables de la turbidez, estos procesos son lentos y requieren de varios años para que alcancen la total limpidez y estabilidad deseada; en consecuencia, es necesario utilizar ciertos procedimientos para acelerar esta etapa.

Las sustancias pécticas son componentes estructurales de la lámina media de la pared celular primaria; abundantes en frutas y vegetales, donde son responsables de la firmeza y forma de sus tejidos. Durante el desarrollo fisiológico de los vegetales y en los procesos de transformación y almacenamiento de los

productos derivados, se producen cambios en el contenido y en la estructura de las sustancias pécticas, lo que determinará las modificaciones en la textura.

Según Valencia Bustamante (2015) La pectinasa es un complejo polisacárido ácido coloidal compuesta de residuos de ácido galacturónico unidas por α-1,4, parcialmente esterificado por metilo grupos éster y parcial o completamente neutralizado una o más bases (sodio, potasio o amonio) Las pectinasas forman un grupo de enzimas que degradan sustancias de pectina, hidrolizando enlaces glicosídicos a lo largo de la cadena carbónica. Pueden ser despolimerizados o desesterificados y son producidos por plantas, hongos filamentosos, bacterias y levaduras. La clasificación de las enzimas pécticas está basada en el ataque contra esqueleto galacturonico por la preferencia de sustrato (pectina, ácido péctico o protopectina), la acción de transeliminación o hidrólisis y por escisión aleatoria (enzima endo, o licuefacción despolimerización) o terminal (exo-enzima o sacarificante) Hay básicamente tres tipos de pectinasas; pectinaesterasa (desesterificante o desmetoxilante) elimina los grupos metilo éster; la despolimerización (incluyendo enzimas hidrolíticas y liasas) catalizan la escisión de enlaces glicosídicos de sustancias pécticas y las protopectinasas que solubilizan la protopectina para formar pectina.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Universidad Nacional De Ucayali-CFB KM 6.200, dentro de los ambientes del laboratorio de química donde se realizó los análisis fisicoquímicos y la elaboración del jugo de caña con diferentes concentraciones de enzima pectolíticas. El laboratorio pertenece a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia Prima

La materia prima a utilizar para el trabajo de investigación fue la caña de azúcar variedad criolla, procedente del caserío de Pacacocha que pertenece al distrito de Calleria provincia de Coronel Portillo.

3.2.2. Insumos

Zimaclar (Enzima Pectolítica) que es un preparado enzimático granular para la clarificación de los mostos blancos que se utilizó (0,02 g/L; 0,025 g/L y 0,03 g/L).

Ácido cítrico ($C_6H_8O_7$)

Agua tratada

3.2.3. Materiales de laboratorio

Utensilios: Ollas, jarras, tablas de picar, bandejas de plástico, cocina semi-industrial, cucharas, gas, tela de tocuyo, papel filtro.

Material de vidrio: Probeta de 100 ml, pipetas volumétricas de 10 ml, bureta para titulación ml, probeta de 50 ml, vasos de precipitación de 50 y 250 ml, tubos de ensayo y pisceta y cubeta de 10 ml.

Reactivos: Hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N), Agua destilada, hipoclorito de sodio (NaClO), indicador de fenolftaleína al 2% ($C_{20}H_{14}O_4$).

3.2.4. Equipos de laboratorio

Balanza analítica de 200g, Balanza de 5 kg, refractómetro, termómetro, potenciómetro, espectrofotómetro.

3.2.5. Materiales de escritorio

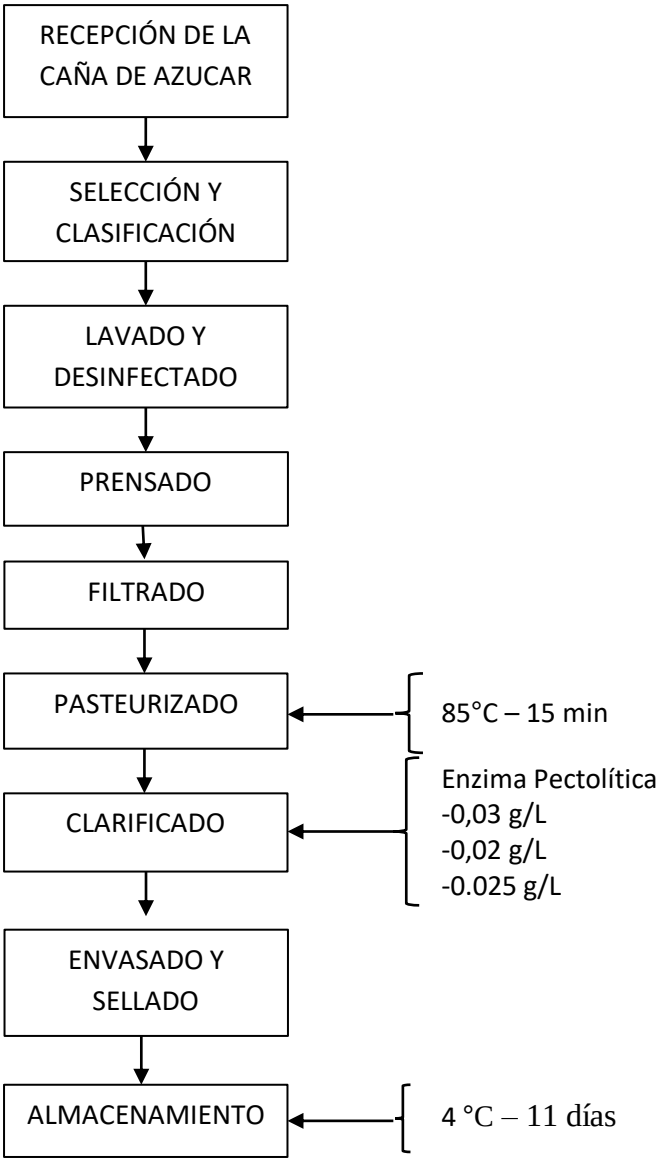
Libreta de datos, lapicero, lápiz, calculadora científica.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Proceso de elaboración

3.3.1.1. Diagrama de flujo

Figura 3. Diagrama del proceso de ejecución de la investigación



Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Descripción del proceso de elaboración

- **Recepción de materia prima:** Se utilizó el tallo de la caña de azúcar de la variedad criolla, verificando su estado de madurez y que no estén dañados o hayan sufrido golpes, estos fueron recolectados y trasladados al laboratorio.

- **Selección y clasificación:** Se seleccionó tallos sanos sin índice de deterioro por picaduras de insectos. Una vez seleccionado se realizó el pesado en una balanza calibrada donde se determinó una cantidad exacta para procesar y analizar su rendimiento en el producto final.

- **Lavado y desinfectado:** Para el lavado de los tallos se utilizó agua potable y una escobilla y para la desinfección se sumergió los tallos en agua a 50 ppm de hipoclorito de sodio, por un tiempo de cinco minutos y luego se procedió a enjuagar con agua potable así eliminar algún material extraño como tierra, piedras, polvo, entre otros.

- **Prensado:** Se pasó la caña de azúcar por unos rodillos que se conoce como el coeficiente de fricción, comercialmente llamados trapiches que es de acero inoxidable, con el objetivo de ejercer presiones elevadas sobre la superficie de la caña así romper todas las células y lograr extraer todo el jugo posible que se encuentra en el tallo. Una vez extraído el jugo, se realizó los respectivos controles de pH, °Brix y acidez titulable.

- **Filtrado:** Luego de la extracción del jugo de caña en el trapiche se realizó un filtrado donde se utilizó un tamiz de tela tocuyo con el objetivo de separar las partículas aglomeradas y en suspensión formadas durante el prensado y poder eliminar los riesgos de contaminación.

- **Pasteurizado:** Para pasteurizar se llevó al jugo de caña de azúcar a temperatura de 85 °C durante 15 minutos. Cuando el jugo llegó a 80 °C, se añadió el ácido cítrico para inhibir posibles microorganismos que causen fermentación durante el almacenamiento del jugo de caña. Este proceso tiene el objetivo de eliminar microorganismos.

- **Clarificación:** Una vez pasteurizado se enfrió el jugo de caña de azúcar a una temperatura de 39 °C para añadir la enzima pectolitica en concentraciones de 0,03 g/L; 0,025 g/L y 0,02 g/L para lograr su clarificación. El mezclado se realizó a velocidades de 180 revoluciones por minuto, durante un período constante de cinco minutos para cada tratamiento.

- **Envasado y sellado:** Para el envasado se utilizó botellas de vidrio previamente lavadas y esterilizadas, se llenó totalmente el producto para asegurar la formación de vacío, seguidamente fueron selladas y se procedió a realizar su rotulado.

- **Almacenamiento:** Las botellas fueron almacenadas a refrigeración una temperatura de 4 ºC por 11 días para mantener sus características físicas y químicas asi lograr realizar sus análisis correspondientes.

3.3.2. Análisis de laboratorio

3.3.2.1. pH

Se realizó por el método 10.041 (AOAC 1984). Donde se tomó una cantidad representativa de las muestras a analizar y se leyó directamente con un pH-metro. Para estandarizar el potenciómetro se utilizó una solución reguladora de pH 4,7 y 10.

3.3.2.2. Grados ºBrix o Solidos solubles (°Bx)

Se determinó mediante un refractómetro de acuerdo con el método 932.12 (Analytical, 1990). Donde se tomó una porción representativa de cada una de las muestras bien homogeneizadas y se colocó sobre el prisma del refractómetro digital ATAGO PAL-1 y se leyó directamente sobre la escala del porcentaje de azúcares.

3.2.2.3. Acidez Total

Se determinó por titulación de acuerdo con el método 942.15 (AOAC 1990). Las muestras fueron sometidas a mediciones por triplicado. La acidez se determinó mediante la aplicación de volumetría ácido-base con una solución de NaOH 0.1 N en presencia del indicador fenolftaleína al 1%, hasta el cambio de viraje.

$$\%\ Ac = \frac{(VNAOH)\ (NNAOH)\ (meq\ ac.\ cítrico)}{M} X\ 100$$

($V_{NAOH)}$ = Cantidad de ml. De Hidróxido de sodio consumido en la titulación

($NNAOH_{)}$ = Normalidad del Hidróxido de Sodio (0.1N)

meq $_{ác,\ Cítrico}$= Mili Equivalente expresado en gramos del ácido cítrico.

M = Peso de la muestra en miligramos.

3.2.2.4. Determinación de color por espectrofotometría

Se realizó mediante un espectrofotómetro, con 1 ml de cada muestra, configurando la onda de longitud, obteniendo las transmitancia y los valores de triestímulo y a partir de ello se calculó las coordenadas de color en el diagrama X, Y, Z como también en el espacio de color CIE.

3.2.2.5. Determinación de color (CIE 1031)

Para calcular el color de los objetos se utilizó longitudes de onda y se calculó los valores triestímulo X, Y, Z, mediante las siguientes expresiones:

$$X = 0.42\ \tau\ (625)\ +\ 0.35\ \tau\ (550)\ +\ 0.21\ \tau\ (445)$$

$$Y = 0.20\ \tau\ (625)\ +\ 0.63\ \tau\ (550)\ +\ 0.17\ \tau\ (495)$$

$$Z = 0.24\ \tau\ (495)\ +\ 0.94\ \tau\ (445)$$

A partir de estos valores se calculan las coordenadas x e y del punto representativo del color en el diagrama cromático de la CIE:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \qquad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

La intensidad de color se midió por la suma de las absorbancias correspondientes a las longitudes de onda de 420 y 520 nm. La tonalidad se expresó en grados sexagesimales por el ángulo que forma con el eje de longitudes de onda de 420 y 520 nm. La tangente de este ángulo es igual a A520 - A420 debido a las escalas convencionales.

3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño experimental utilizado para evaluar las características fisicoquímicas es un diseño completamente al azar (DCA), de un arreglo factorial de A x B por tres repeticiones. Donde el Factor A representa la concentración del clarificante (0,02; 0,025; 0,03 y 0 g/L respectivamente), el Factor B es el tiempo de almacenamiento en refrigeración a 4 ºC (día 0, 6 y 11). Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza ANVA, mediante un software estadístico Statgraphics Centurión XVII. Donde se determinó las diferencias significativas entre los tratamientos. Las diferencias son consideradas estadísticamente significativas al nivel de p≤0,05.

3.4.1. Modelo matemático

$$Yij = \mu + \tau i + Pj + (TxP)ij + Eij$$

Yij: Observación o respuesta al tratamiento i

μ: Efecto medio

τi**:** Efecto de concentración del clarificante (0,02; 0,025; 0,03 y 0 g/L).

Pj: Efecto de tiempo de almacenamiento (día 0, 6 y 11).

(TxP)*ij*: Efecto de interacción

Eij: Error experimental. Nivel de confiabilidad del 95%.

3.4.2. Medición de las variables independientes y dependientes

- **VARIABLE INDEPENDIENTE**
  - **FACTOR A:** Concentración de enzima pectolítica

    T_1: 0 g/L (Testigo)

    T_2: 0,02 g/L

    T_3: 0,025 g/L

    T_4: 0,03 g/L
  - **FACTOR B:** Tiempo de almacenamiento (T = 4 ºC).

    Día 0

    Día 6

    Día 11
- **VARIABLE DEPENDIENTE**
  - ºBrix, acidez titulable y pH.
  - Color por espectrofotómetro (Transmitancia y absorbancia).

3.4.3. Tratamientos experimentales

Durante la ejecución del trabajo de investigación se añadió tres concentraciones de enzimas pectolítica (0,02 g/L; 0,025 g/L; 0,03 g/L y 0 g/L) y se evaluó tres tiempos de almacenamiento a refrigeración a una temperatura de 4 ºC (0, 6 y 11 días).

Cuadro 3. Tratamientos experimentales

Factor "A" Concentración	Factor "B" Tiempo	Replicas		
	Día 0	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
T1: 0 g/L	Día 6	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 11	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 0	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
T2: 0,02 g/L	Día 6	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 11	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 0	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
T3: 0,025 g/L	Día 6	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 11	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 0	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
T4: 0,03 g/L	Día 6	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3
	Día 11	RA1RB1	RA2RB2	RA3RB3

3.4.3. Tipo de investigación

Es una investigación de tipo experimental – descriptivo, de tipo experimental por que realizamos manejo de variables buscando relación de causa y efecto en los análisis determinados del jugo de caña y descriptivo por que empezamos a caracterizar cada uno de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.

3.4.4. Población y muestra

La población que se utilizó fue de 2 hectáreas de plantación de caña de azúcar de la variedad criolla, obtenida del caserío de Pacacocha que pertenece al distrito de Calleria provincia de Coronel Portillo.

La muestra que se utilizó fue de 2 kg de caña de azúcar por tratamiento en estudio y sus repeticiones, en total 72 kg de caña de azúcar.

3.4.5. Hipótesis planteada

Utilizando diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas afectará en cierta medida la clarificación del jugo de caña de azúcar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación de las características fisicoquímicas

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se realizaron análisis fisicoquímicos utilizando diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas en el jugo de caña de azúcar (testigo 0; 0,02 g/L; 0,025 g/L y 0,03 g/L) y diferentes días de almacenamiento a refrigeración a una temperatura de 4 ºC (0, 6 y 11 días). Los parámetros fisicoquímicos evaluados durante el período de estudio fueron sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix), acidez titulable expresada en porcentaje (%) y potencial de hidrógeno (pH).

4.1.1. Sólidos Solubles (ºBrix)

Cuadro 4. Solidos solubles (ºBrix) del jugo de caña de azúcar

SOLIDOS SOLUBLES (ºBrix)			
Concentración de Enzima (g/L)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (T. 4ºC).		
	0	6	11
T_1: 0 g/L (testigo)	18,5	18,5	19,3
T_2: 0,02 g/L	18,6	18,8	18,8
T_3: 0,025 g/L	17,7	18,4	18,8
T_4: 0,03 g/L	17,9	18,7	18,9

El cuadro 4 nos muestra los valores promedios obtenidos del nivel de ºBrix de los tratamientos en estudio del jugo de caña con diferentes concentraciones pectolíticas y evaluados por diferentes días de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 ºC.

Cuadro 5. Análisis de varianza del ºBrix del jugo de caña

Fuente	S.C	G.L	C.M	F.C	P.V
A: Concentración	1,156	3	0,3854	14.92	0,0000
B: Tiempo	3,690	2	1,8452	71.43	0,0000
AB	1,136	6	0,1893	7.33	0,0003
Error	0,62	24	0,0258		
Total	6,603	35			

En el cuadro Nº 5 nos muestra el análisis de varianza del ºBrix donde se observa que el PV del factor A, B y en la interacción de ambos es menor que 0,05 por lo tanto nos indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos de estudio del trabajo de investigación.

Cuadro 6. Prueba múltiple de Tukey del ºBrix de las concentraciones

CONCENTRACIÓN	MEDIAS
T_1: 0	18,767 [a]
T_2: 0,02	18,722 [b]
T_3: 0,025	18,311 [c]
T_4: 0,03	18,544 [c]

Letras diferentes indican diferencia significativa.

En el cuadro Nº 6 de la prueba múltiple de tukey nos muestra que respecto al ºBrix de las concentraciones de enzima añadidas al jugo de caña de azúcar que el tratamiento 1 y 2 donde se añadió 0 y 0,02 g/L de enzima pectolítica difieren del tratamiento 3 y 4 donde se añadió 0,025 y 0,03 g/L al jugo de caña.

Cuadro 7. Prueba múltiple de Tukey del ºBrix

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	MEDIAS
T_1: 0	18,183 [a]
T_2: 6	18,608 [b]
T_3: 11	18,966 [c]

Letras diferentes indican diferencia significativa.

En el cuadro Nº 7 de la prueba múltiple de tukey nos indica que respecto al ºBrix del tiempo de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4ºC que el tratamiento 1, 2 y 3 son diferentes obteniendo que el tratamiento 1 que fue evaluado el día inicial un ºBrix de 18,18 en el jugo de caña de azúcar.

Figura 4. ºBrix (Concentración y tiempo de almacenamiento)

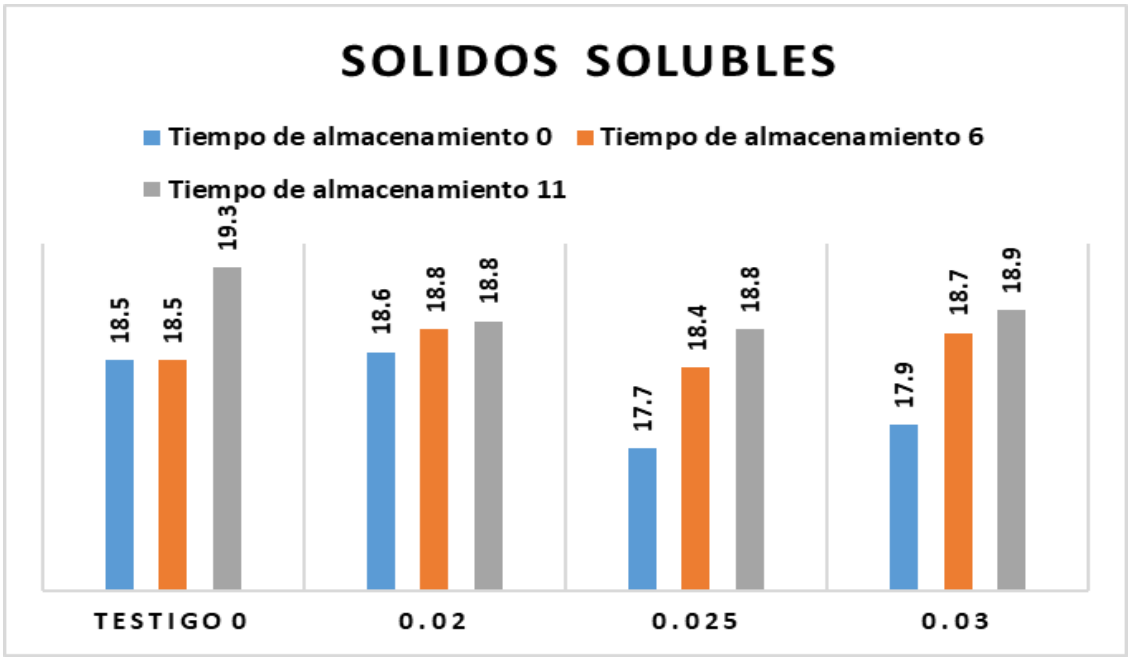
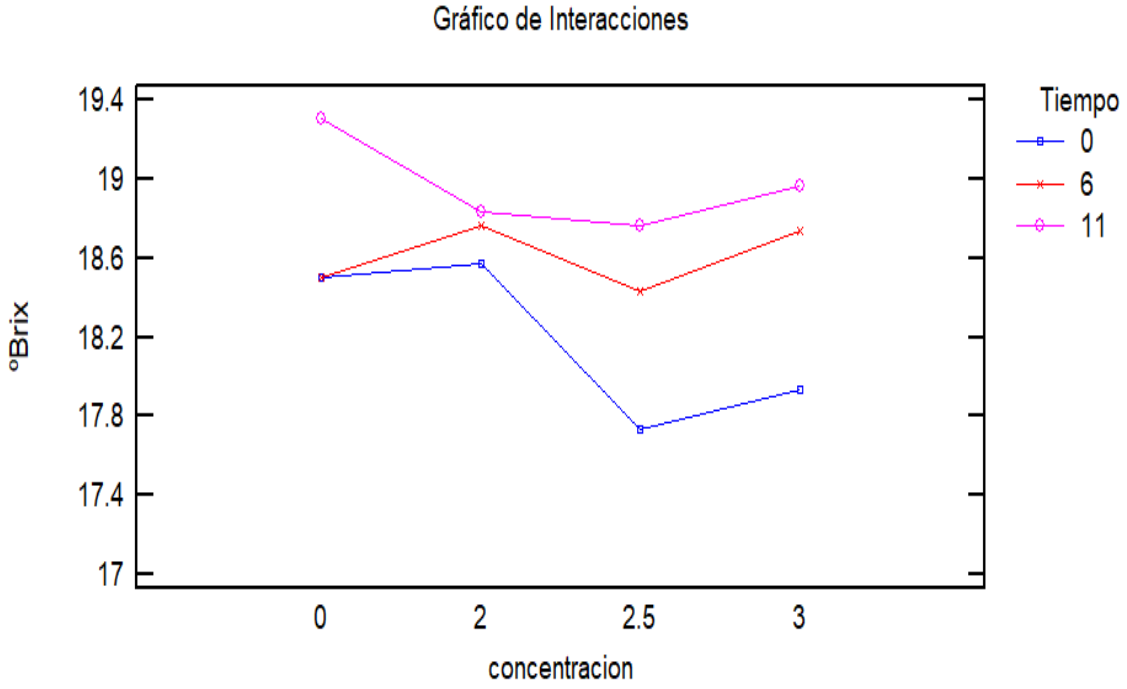


Figura 5. ºBrix (Tiempo y concentración)



Para obtener los resultados de sólidos solubles (ºBrix) el jugo de caña de azúcar fue evaluado a tres tiempos de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 ºC (0 días, 6 días y 11 días) entonces se realizó un DCA con arreglo factorial de AxB donde A son las concentraciones de enzimas y B el tiempo de almacenamiento siendo los resultados del análisis de varianza presentado en la tabla Nº 5 muestra que existe una diferencia significativa en el ºBrix entre los dos factores A y B (concentración y el tiempo de almacenamiento) del jugo de caña de azúcar clarificado con enzimas pectolíticas, lo que lleva a una comparación múltiple de tukey que nos indica en el cuadro Nº 6 donde la concentración añadida en el tratamiento 1 y 2 (0 y 0,02g/L) difieren del tratamiento 3 y 4 (0,025 y 0,03 g/L) y en el cuadro Nº 7 de la comparación múltiple de Tukey nos muestra que el tiempo de

almacenamiento en los tres tratamientos en estudio (0, 6 y 11 días) son diferentes a un nivel de significancia de 95% tal como nos muestra la figura Nº 4 y 5.

Según D'Ortignacq Ramos (2015) la adición de la mezcla enzimática y el tiempo de incubación incrementa progresivamente los sólidos solubles en los tratamientos, esto coincide con lo encontrado por Flores Garazatúa & Tafur Gallardo (2012) en su estudio que mencionan que los sólidos solubles aumentaron estando asociados al incremento del contenido de azúcares reductores por la acción de las pectinasas en las cadenas poligalacturónicas, así como por la hidrólisis de azúcares no reductores provistas las condiciones de temperatura y acidez durante el procesamiento del néctar. Las pectinasas se encuentran asociadas a la degradación de compuestos fibrosos insolubles, su uso permitió que aquellas partículas insolubles presentes en la pared celular de la fruta se solubilicen, agilizando su paso durante el filtrado. Además, facilitó su transformación en azúcares más simples, contribuyendo a elevar los contenidos de sólidos solubles.

4.1.2. Acidez titulable del jugo de caña de azúcar clarificado

Cuadro 8. Acidez titulable del jugo de caña de azúcar

Concentración de Enzima (g/L)	**Tiempo de almacenamiento (T. 4ºC)**		
	0	**6**	**11**
T_1: 0 g/L (testigo)	0,1	0,1	0,1
T_2: 0,02 g/L	0,1	0,1	0,1
T_3: 0,025 g/L	0,1	0,1	0,1
T_4: 0,03 g/L	0,1	0,1	0,1

En el cuadro 8 nos muestra los valores promedios obtenidos del nivel de acidez titulable de los tratamientos en estudio del jugo de caña con diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas y evaluados por diferentes días de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4ºC. entonces podemos decir que podemos añadir 0,02 gramos de enzima al jugo de caña ya que no mostrara cambios significativos y no afectara nuestro producto.

Cuadro 9. Análisis de varianza de la acidez del jugo de caña

Fuente	**S.C**	**G.L**	**C.M**	**F.C**	**P.V**
A: Concentración	0,0119	3	0,0398	0,49	0,6897
B: Tiempo	0,0027	2	0,0136	1,69	0,2058
AB	0,0505	6	0,0842	1,05	0,4211
Error	0,0193	24	0,0805		
Total	0,0028	35			

En el cuadro Nº 9 nos muestra el análisis de varianza de la acidez donde se observa que el PV del factor A, B y en la interacción de ambos es mayor que 0,05 por lo tanto nos indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio del trabajo de investigación.

Figura 6. Acidez Titulable (concentración y almacenamiento)

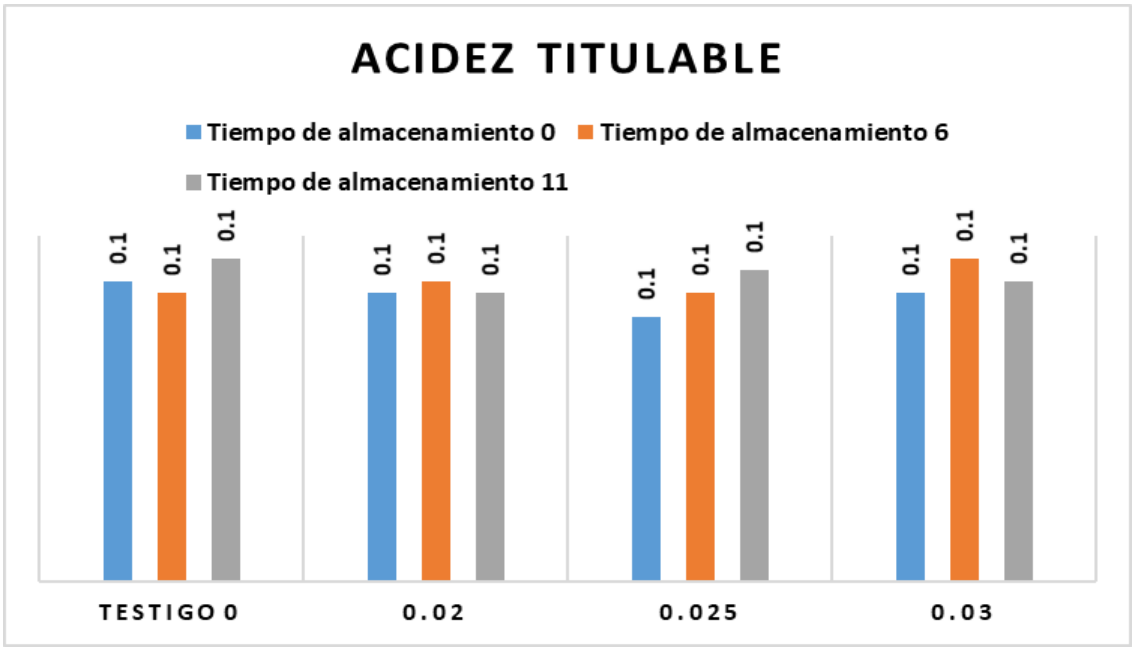
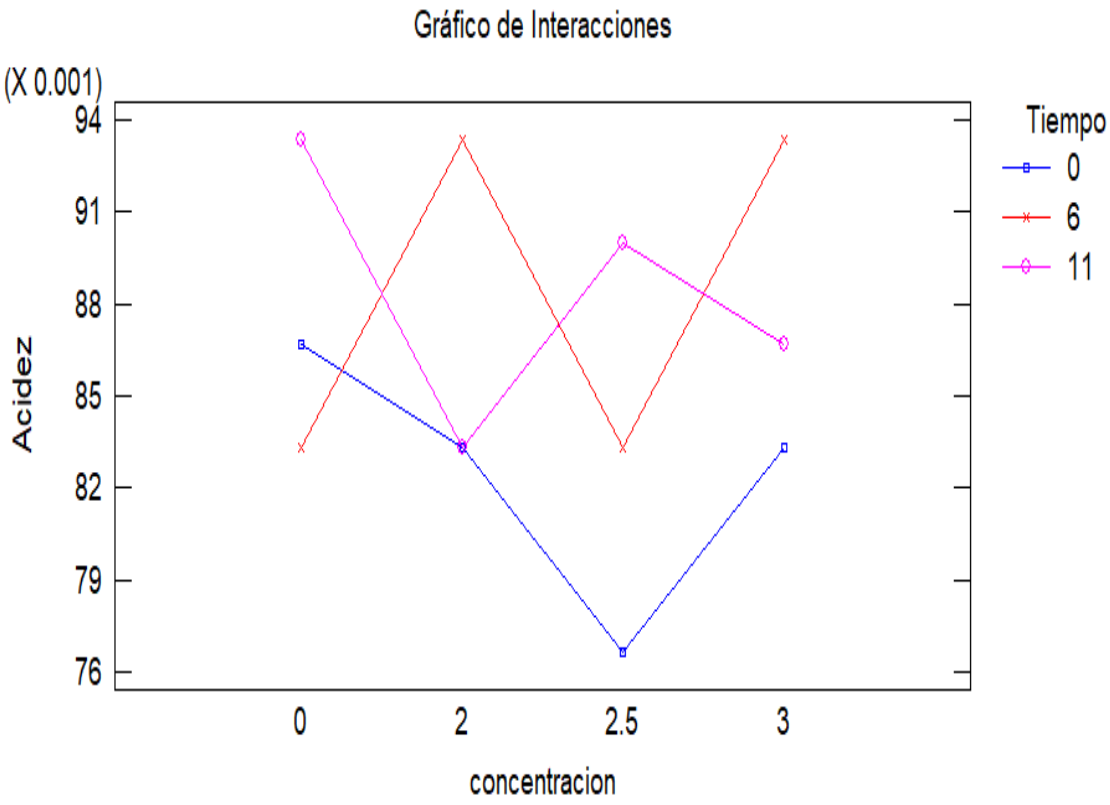


Figura 7. Acidez titulable (concentración y almacenamiento)



La acidez titulable es expresado en porcentajes (%) para ello al jugo de caña se le añadió tres concentraciones de enzimas pectolíticas 0 g/L; 0,02 g/L; 0,025 g/L y 0,03 g/L, esto se evaluó al día 0, día 6 y día 11, obteniendo los siguientes resultados haciendo un DCA con arreglo factorial de AxB, asi en el cuadro Nº 9 nos muestra el análisis de varianza donde se tiene que el pv ≥ 0,05, indicando que no existen diferencias significativas entre los tratamientos del estudio respecto al factor A y B (concentración y tiempo de almacenamiento) asi como tampoco existe diferencia significativa en la interacción de estos dos AB al 95% del nivel de significancia tal como se muestra en la figura Nº 6 y 7. Mostrando una acidez titulable de 0,1% que no varía en las concentraciones de enzima pectolíticas añadidas al jugo de caña y tampoco difiere en el tiempo de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 ºC.

Según Centeno Ordoño (2016) en su investigación, puede argumentar que los tiempos de pasteurización y el tipo de enzima no afectan significativamente la acidez de una bebida fermentada. Estas pequeñas diferencias pueden deberse a la actividad microbiana que produce diferentes ácidos, incluido el ácido pirúvico.

4.1.3. Potencial de hidrógeno del jugo de caña de azúcar

Cuadro 10. Promedio de potencial de hidrógeno

Concentración de Enzima (g/L)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (T. 4ºC)		
	0	6	11
T_1: 0 g/L (testigo)	5,1	5,1	5,1
T_2: 0.02 g/L	5,1	5,1	5,1
T_3: 0.025 g/L	5,1	5,1	5,1
T_4: 0.03 g/L	5,1	5,1	5,1

En el cuadro 10 nos muestra los valores promedios obtenidos del nivel de pH de los tratamientos en estudio del jugo de caña añadidos diferentes concentraciones pectolíticas (0 g/L; 0,02 g/L; 0,025 g/L y 0,03 g/L) y evaluados por diferentes días de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4 ºC.

Cuadro 11. Análisis de varianza del pH del jugo de caña de azúcar.

Fuente	S.C	G.L	C.M	F.C	P.V
A: Concentración	0,030	3	0,0010	1,47	0,8928
B: Tiempo	0,014	2	0,0025	1,47	0,6127
AB	0,019	6	0,0032	0,65	0,6911
Error	0,113	24	0,0047		
Total	0,186	35			

En el cuadro Nº 11 nos muestra el análisis de varianza del pH donde se observa que el PV del factor A, B y en la interacción de ambos es mayor que 0,05 por lo tanto nos indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos

en estudio del trabajo de investigación quiere decir que al añadir diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas no afectará el producto, por lo tanto, podemos utilizar 0,02 g/L de enzima ya que no afectará el sabor de nuestro jugo de caña de azúcar.

Figura 8. pH (concentración y tiempo)

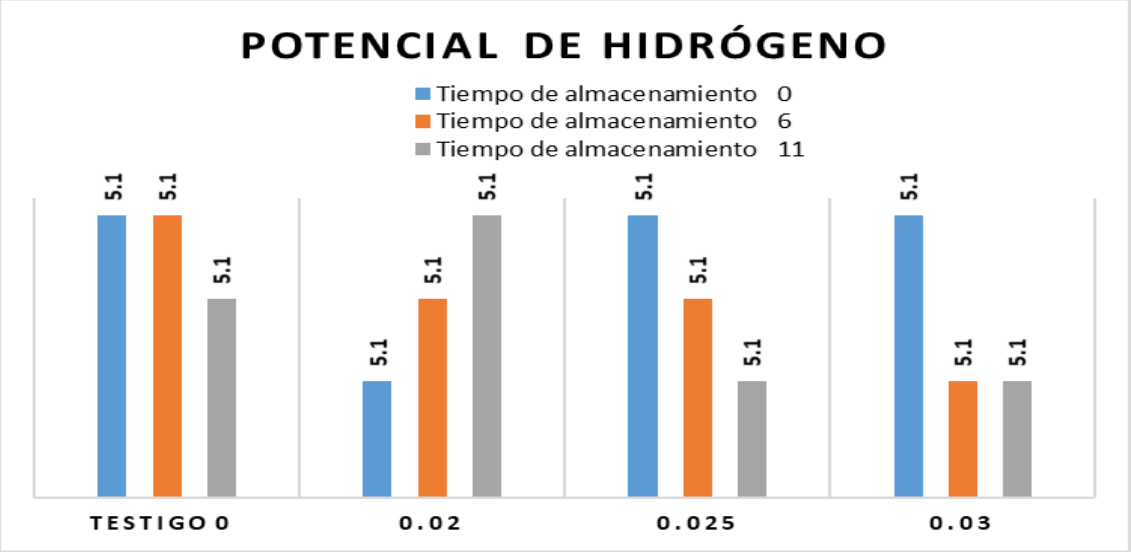
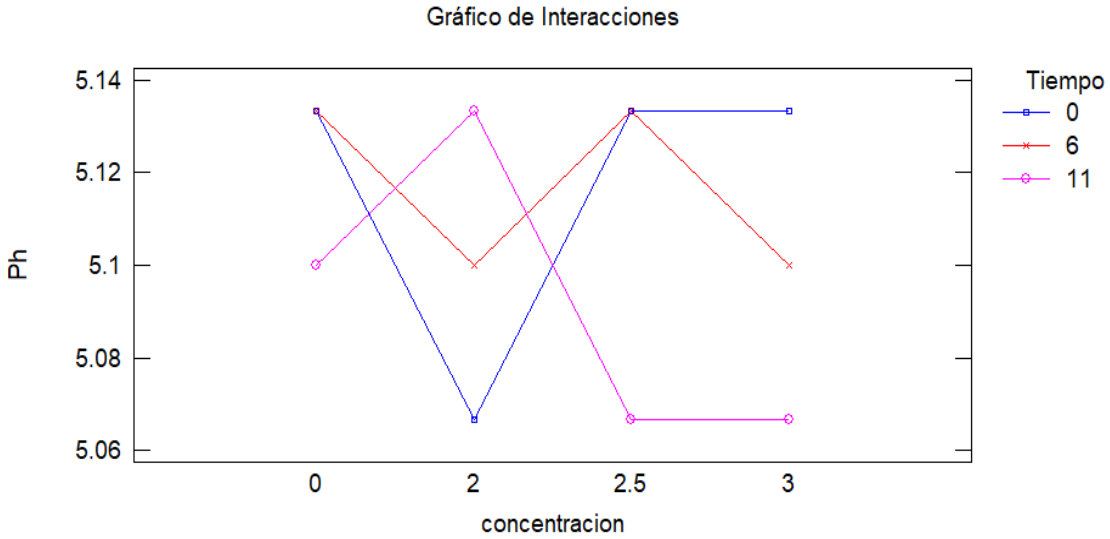


Figura 9. pH (concentración y tiempo)



Para obtener los resultados del pH, al jugo de caña de azúcar se le añadió concentraciones de enzimas pectoliticas (0 g/L; 0,02 g/L; 0,025 g/L y 0,03 g/L), lo cual fue evaluado al día 0, día 6 y día 11, para lo cual realizamos un análisis de varianza mediante un sotwar estadístico como se muestra en el cuadro Nº 11 donde nos indica que no existe diferencia significativa en la interacción de los factores en estudio AB (concentración y tiempo de almacenamiento) tampoco existen diferencia significativa entre los tratamientos en estudio respecto al factor A y B a un nivel de significancia del 95% en cuanto al pH del jugo de caña de azúcar con diferentes concentraciones pectolíticas, ni tampoco en el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

En la figura Nº 8 y 9 nos muestra que el jugo de caña desde inicio mantuvo un equilibrio de pH de 5,1 que al añadir diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas ni el tiempo de almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4ºC afecta al jugo de caña de azúcar.

Según Centeno Ordoño (2016) muestra que los valores de pH de los tratamientos justifican el uso de la pasteurización, que debe realizarse para bebidas con un tratamiento tibio suave, con un valor de pH de 4,5 porque los microorganismos generalmente no pueden sobrevivir en un ambiente ácido. En este sentido, menciona que el pH es un parámetro de control muy importante porque afecta a los microorganismos.

Según lo reportado por Flores Garazatúa & Tafur Gallardo (2012), en su investigación desarrollaron una bebida a base de jugo de caña de azúcar, la cual

analizó las propiedades físico-químicas del jugo fresco y obtuvo un valor de pH de 5,4. Nuestra investigación confirma que obtuvimos un pH de 5,1.

Según Bajaña Moscol (2014), en su investigación obtuvo jugo de caña de azúcar presionándolo y luego sometiéndolo a temperaturas y tiempos de pasteurización para preservar lo mejor posible las propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar, y como resultado encontró que no había diferencia de pH.

4.2. Determinación de color mediante espectrofotometría

Para la determinación del color del jugo de caña de azúcar clarificado con diferentes concentraciones de enzimas pectolíticas, se utilizó el método de la Comisión Internacional de l'Eclairage (Commission Internationale d'Eclairage, 2005), que requiere la medición con un espectrofotómetro de la transmitancia con un rango de longitud de 445 nm, 495 nm, 550 nm y 625 nm y la medición de la absorbancia en un rango de longitud de onda de 420 nm y 520 nm. Logrando obtener los valores de triestímulo y calcular las coordenadas de color del jugo de caña de azúcar en el diagrama XYZ del mismo.

Para lograr determinar el color se empezó realizando cálculos con la absorbancia con un rango espectral de 420 y 520 que nos ayudó a determinar la intensidad y la tonalidad del color, seguidamente con los datos obtenidos por el espectrofotómetro de la trasmitancia calculamos las coordenadas del triestímulo logrando determinar el color final de jugo de caña clarificado.

- **Determinación de la intensidad del color**

La intensidad del color se midió con las medidas de la absorbancia realizada con el espectrofotómetro con un rango de longitud de onda de 420 nm y 520 nm y se utilizó la fórmula de determinación de intensidad determinado por la CIE 1931. tal como lo muestra el cuadro 12.

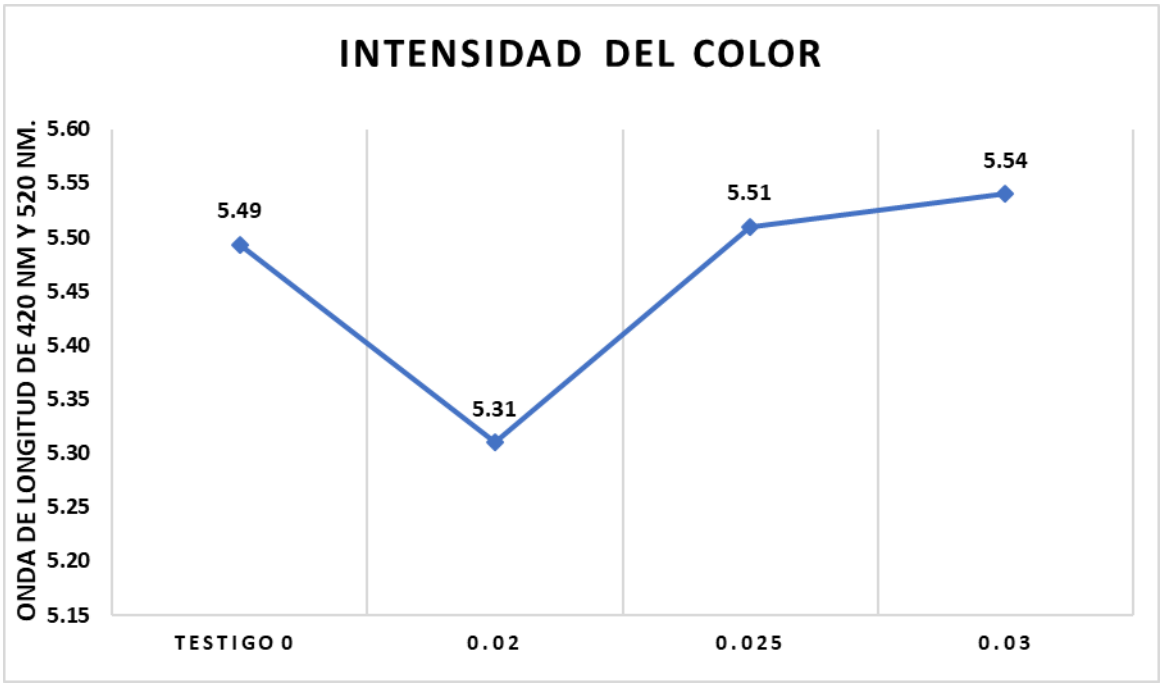
Cuadro 12. Determinación de intensidad del color

- **FORMULA DE INTENSIDAD DEL COLOR (CIE 1931)**

$$I = \frac{A_{420} + A_{520}}{b}$$

Medida de las absorbancias			
Tratamientos	Longitud de onda		Intensidad del color
	420 nm	520 nm	
0 g/L	2,49	3,00	5,49
0,02 g/L	2,40	2,90	5,31
0,025 g/L	2,54	2,97	5,51
0,03 g/L	2,56	2,98	5,54

Figura 10. Intensidad de color del jugo de caña clarificado



La figura Nº 10 nos muestra la intensidad del color que se midió con las sumas de las medidas de la absorbancia realizada con el espectrofotómetro con un rango de longitud de onda de 420 nm y 520 nm, donde la intensidad mayor de color nos da el jugo de caña de azúcar donde se añadió 0,03 g/L de enzima pectolítica, por lo tanto, este jugo de caña tiene mayor grado de pureza en la escala de color del espectro visible por el ojo humano.

- **Determinación de la tonalidad del color**

La determinación de la tonalidad del color se midió con las medidas de la absorbancia realizada con el espectrofotómetro con un rango de longitud de onda de 420 nm y 520 nm y se utilizó la fórmula de determinación de tonalidad de color. Tal como lo muestra el cuadro 13.

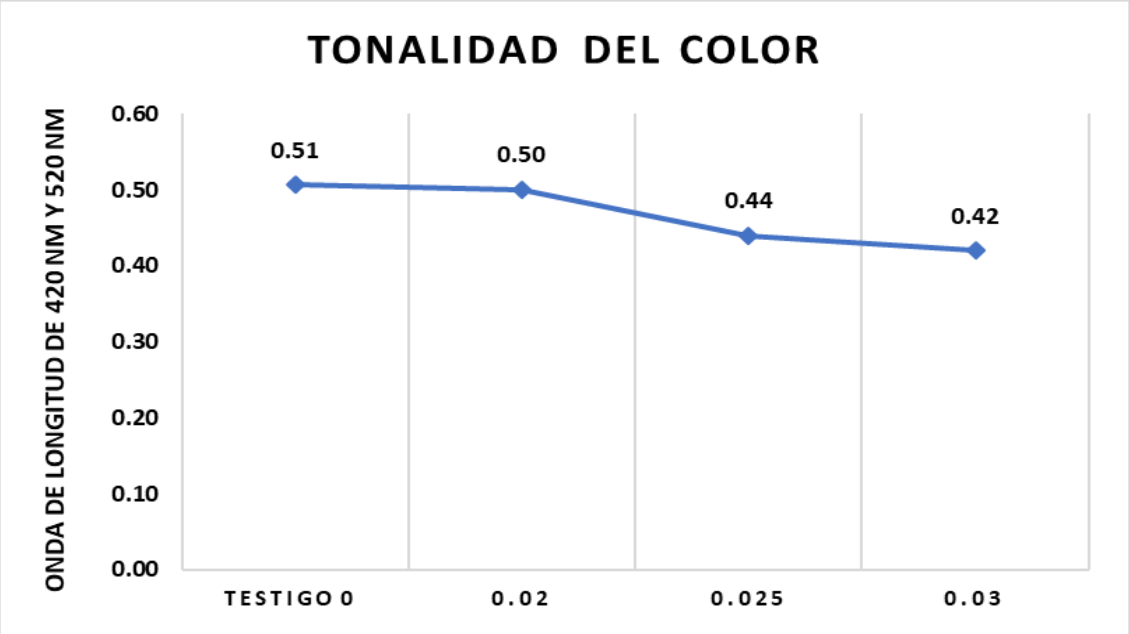
Cuadro 13. Determinación de la tonalidad del color

- **Formula de tonalidad del color**

T = A420 – A520

Medida de las absorbancias			
Tratamientos	Longitud de onda		Tonalidad del color
	420 nm	520 nm	
0 g/L	2,49	3,00	0,51
0,02 g/L	2,40	2,90	0,50
0,025 g/L	2,54	2,97	0,44
0,03 g/L	2,56	2,98	0,42

Figura 11. Tonalidad del color del jugo de caña de azúcar clarificado.



En la figura Nº 11 nos indica la tonalidad del color que es la razón entre las medidas de las absorbancias realizadas con el espectrofotómetro con un rango de longitud de onda de 420 nm y 520 nm, donde la tonalidad menor de color nos da el jugo de caña de azúcar donde se añadió 0,03 g/L de enzima pectolítica con una tonalidad de 0,42 que se refiere al grado de cromatismo máximo de color, podemos decir que mientras la tonalidad va disminuyendo la intensidad del color va aumentando, según el espectro visible por el ojo humano.

- **Determinación de color por espectrofotometría**

En el cuadro Nº 14 nos muestra el color final del jugo de caña que se calculó mediante el espectrofotómetro los valores triestímulos a partir de las transmitancias con longitudes de onda de 625 nm, 550 nm, 495 nm y 445 nm, donde nos muestra los análisis del color CIE esto nos indica que el tratamiento 4 que tiene añadido 0,03 g/L de enzima pectolítica presenta una coloración más clara, a comparación de los otros tratamientos.

- **Determinación del color mediante la transmitancias**

$$X = 0.42\ \tau\ (625)\ +\ 0.35\ \tau\ (550)\ +\ 0.21\ \tau\ (445)$$

$$Y = 0.20\ \tau\ (625)\ +\ 0.63\ \tau\ (550)\ +\ 0.17\ \tau\ (495)$$

$$Z = 0.24\ \tau\ (495)\ +\ 0.94\ \tau\ (445)$$

A partir de esto se calcula las coordenadas X y Y del color en el diagrama cromático de la CIE 1931.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \qquad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Donde:

Y = luminosidad %

X = Coordenada

Z = Coordenada

- **Determinación de color con los valores del triestímulo (CIE 1931)**

Cuadro 14. Determinación del color del jugo de caña clarificado

T_1: 0 g/L			T_2: 0.02 g/L			T_3: 0.025 g/L			T_4: 0.03 g/L		
X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
3,08	0,03	1,1	3,18	0,03	1,14	3,17	0,03	1,13	5,87	0,06	1,99
											

La determinación de la intensidad y tonalidad del color es una característica cromática convencional lo cual el jugo de caña de azúcar se midió por la suma de las absorbancias, correspondientes a las longitudes de onda de 420 nm y 520 nm. El espectrofotómetro calculo el color en todo el espectro visible y filtro la luz en banda de colores estrechas lo cual nos da valores tal como se registra en la tabla 12 y 13.

En la figura 10 podemos visualizar que la intensidad del color mayor nos da en el jugo de caña con 0,03 g/L de enzima pectolítica con una escala de 5,54 mientras que la intensidad menor nos da el jugo de caña que se añadió 0,02 g/L de enzima pectolítica con una escala de 5,31. Esto determina la luz que tan claro u

oscuro es, quiere decir que el jugo más claro es la que tiene añadida 0,03 g/L de enzima pectolitica.

En la figura 11 podemos notar la tonalidad del color, esto nos ayuda a identificar el grado de cromatismo máximo, lo cual se determinó por la razón de la longitud de onda en este caso de 420 nm a 520 nm, lo cual nos indica una tonalidad de 0,51 a 0,42 quiere decir que mientras más enzima se añada al jugo menor será la tonalidad del color, asi que a medida que la tonalidad del color va disminuyendo la intensidad del color va aumentando.

En el cuadro Nº 14 nos muestra cuál de los tratamientos del jugo fue el que tiene mejor clarificación por lo tanto el tratamiento 4 con valores de triestímulo de X = 5,87; Y = 0,06 y Z = 1,99 nos muestra un jugo de caña límpido color amarillo anaranjado según el espectro visible por el ojo humano.

Según Tapati Bhanja & Rinju (2014) la claridad está expresada como porcentaje de transmitancia, a una mayor respuesta, mayor será la claridad y menor será la turbidez. Pramond & Sirshendy (2004) encontraron resultados similares en su estudio, la claridad disminuyó a una cierta concentración de enzima, luego se mantuvo constante y posteriormente incrementó. Este comportamiento es evidencia de que para diferentes productos existe una concentración óptima de enzimas y un cierto tiempo óptimo para lograr la clarificación más efectiva.

Según Flores Garazatúa & Tafur Gallardo (2012), no basta con que la enzima separe la mayor cantidad de componentes de la pared celular, sino que el objetivo debe ser disolver completamente las sustancias en suspensión para que pasen por

filtración. En los tratamientos 1, 2 y 3 de este estudio, la enzima hizo que los sólidos más grandes migraran al agua, pero no logró el ablandamiento de la pulpa, lo que resultó tener menor claridad. Así, que con mayor concentración de enzima y tiempo de incubación logrará tener mayor clarificación.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Los análisis fisicoquímicos del jugo de caña de azúcar clarificado con enzima pectolítica muestra diferencia significativa entre 18,7 ºBrix del T_1 y T_2 y 18,3 ºBrix del T_3 y T_4 la cual aumento a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento debido a la concentración de azucares, Sin embargo, no hubo cambios en los valores de acidez titulable y pH, siendo el valor de pH 5,1 y la acidez titulable 0,1%.

- ✓ El mejor tratamiento en cuanto al jugo de caña clarificado es el T_4 donde se adiciono 0,03 g/L de enzima pectolítica con valores triestímulo de X: 5,87; Y: 0,06; Z: 1,99 que muestra un color amarillo anaranjado definido por la escala del espectro visible por el ojo humano.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Preparar bebida de jugo de caña de azúcar adicionando 0.03 g/L de enzima pectolítica con valores de triestímulo de X: 5,87; Y: 0,06; Z: 1,99 para mejorar el color y apariencia de la bebida.
- ✓ Elaborar trabajos de investigación haciendo uso de otros tipos de enzimas para ver si dan mejores resultados en cuanto a clarificación acompañado de análisis sensoriales para evaluar la bebida más aceptable para el consumidor.
- ✓ Investigar la composición del jugo de caña de azúcar en cuanto a nutrientes como calcio, potasio, hierro, magnesio, zinc, fósforo, sodio y fibra.
- ✓ Implementar las buenas prácticas de manufactura antes, durante y después del proceso de elaboración del jugo de caña para evitar materiales extraños que puedan ocasionar una variación del color.

VIII. LITERATURA CITADA

Acuña Pinto, H. M. 2009. Evaluación del comportamiento de tres enzimas comerciales en la fermentación y clarificación de mosto del fruto de corozo (*Bactris minor*) para obtener vino de fruta. Universidad De La Salle, Bogota. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/36/

Bajaña Moscol, Y. 2014. Tiempos y temperaturas de pasteurizacion en la conservacion del jugo de caña de azucar (*Saccharum Officinarum*). Santo Domingo de los Tsachilas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f4142472-2309-44e6-8eec-e478f0ea0e4b/content

Carrillo, E. 2014. Diagnostico preliminar de la cosecha mecanizada en el Cultivo de caña de azucar; Ingenio San Diego-Trinidad, Santa Rosa. Escuitla. https://cengicana.org/files/20180919084740699.pdf

Centeno Ordoño, K. 2016. Efecto de la hidrólisis enzimática y la pasteurización sobre la calidad de una bebida fermentada a base de maíz morado (*Zea Mays*) variedad kulli. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/af0c0034-c367-4b3f-a917-a3c3d800f946

Chavez Solera, M. 1985. La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante. https://idoc.pub/documents/proceso-de-produccion-de-alcohol-apartir-de-la-cana-de-azucar-wl1pvqq115lj

Cobeña, J., & Loor, I. 2016. Caracterizacion fisico-quimica del jugo de cinco variedades de caña de azucar en la hacienda el jardin. Calceta. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/264/1/TAI105.pdf

Commission Internationale D'eclairage. 2005. Color basic.com. http://www.colorbasics.com/ciesystem/

D'ortignacq Ramos, E. D. 2015. Clarificación de néctar de tomate de árbol (*Solanum Betaceum Cav*). Universidad San Francisco de Quito, Quito. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5623/1/122890.pdf#:~:text=el%20objetivo%20del%20estudio%20fue%20la%20clarificaci%c3%b3n%20del,del%20n%c3%a9ctar%20ya%20clarificado%20mediante%20prueba%20de%20aceptabilidad.

Flores Garazatúa, J., & Tafur Gallardo, P. 2012. Conservación de jugo de (*Saccharum Officinarum*) caña de azúcar como bebida refrescante. 3(2). https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2975?show=full

Garcia Rujano, T., Torrez, A., Fernandez Molina, J., & Martinez, J. 2015. Evaluación del pretratamiento enzimatico en el proceso de filtración del jugo de mango bocado. 30(1). https://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v30n1/art04.pdf

Grall, C. R., & Pasotti, N. S. 2006. Espectrofotometria visible-ultravioleta. facultad de ciencias exactas, naturales y agrimensura. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-san-juan-bautista/bioquimica/espectrofotometria-gral-pasotti/9254579

Gutiérrez Sarmiento, P., & Pulla Aguirre, T. 2017. Aplicación de técnicas de cocción en la elaboración de recetas de sal y dulce utilizando guarapo. Cuenca https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4613675

Jimenez, R., Gonzales, N., Hernandez, M., & Ojeda, N. 2014. La Caña de azúcar como alimento funcional. Revista iberoamaericana de ciencias. http://www.reibci.org/publicados/2014/agosto/3300112.pdf

Martinez, K., Carzola, A., Escobar, J., & Alvarado, C. 2017. Preparación de un jugo clarificado de frutas utilizando un concentrado enzimático de guayaba y papaya.https://www.researchgate.net/publication/320402447_preparacion_de_un_jugo_clarificado_de_frutas_utilizando_un_concentrado_enzimatico_de_guayaba_y_papaya_preparation_of_a_clarified_juice_of_fruits_using_an_enzymatic_concentrate_of_guava_and_papaya

Morales, Y., & Napoles, M. 2012. Estudio preliminar de la influencia del desvío del jugo secundario en la etapa declarificación de la empresa Mielera Siboney. Tecnologia Quimica, 2, 3. http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v32n2/rtq04212.pdf

Olguín, L. 2013. Impacto de la implementacion del sistema de riego por goteo, en la rentabilidad de cultivos de caña de azúcar en la empresa sociedad agricola valle grande SAC, Durante el periodo 2009-2012. Trujillo-Peru. https://dspace.unitru.edu.pe/items/9569dbcc-4bf9-4dcc-ae93-1c6fef5bc1e8

Pramond, R., & Sirshendy, D. 2004. Optimización del uso de pectinasa en el pretratamiento del jugo de mosambi para la clarificación mediante la

metodología de superficie de respuesta. Revista de ingenieria de alimentos, 64(3). https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88508/D-88056.pdf

Rincón, N. 2007. Evaluar la aplicación de enzima pectinasa aislada del hongo aspergillus niger durante el proceso de clarificación y fermentación del mosto de vino de uva vitis labrusca variedad isabella para la obtención de vino tinto. Universidad de la Salle, Bogota. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4162878

Tapati Bhanja, D., & Rinju, B. 2014. Aplicación de poligalacturonasa y α-amilasa decoloradas y parcialmente purificadas en la clarificación de jugo de manzana. 1(45). Https://Pubmed.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/24948919/

Valencia Bustamante, P. 2015. Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (zea mays) y quinua (chenopodium quinoa) variedad inia 420 negra collana. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/79c45e00-e37b-480e-a8d0-da0ac1079025

IX. ANEXOS

Anexo 1: Análisis fisicoquímico

pH

Se realizó por potenciómetro de acuerdo con el método 10.041 (AOAC 1984). Se tomará una cantidad representativa de las muestras a analizar y se leerá directamente con un pH-metro. Para estandarizar el potenciómetro se utilizará una solución reguladora de pH 4.7 y 10

Grados ºBrix o Solidos solubles (°Bx)

Se determinó mediante refractómetro de acuerdo con el método 932.12 (Analytical, 1990). Se tomará una porción representativa de cada una de las muestras bien homogeneizadas y se coloca sobre el prisma del refractómetro digital ATAGO PAL-1, procediéndose a leer directamente sobre la escala del porcentaje de azúcares.

Acidez Total

Se determinó por titulación de acuerdo con el método 942.15 (AOAC 1990). Cada una de las muestras serán sometidas a mediciones por triplicado. La acidez se determinará mediante la aplicación de volumetría ácido-base con una solución de NaOH 0.1 N en presencia del indicador fenolftaleína al 1%, hasta el cambio de viraje.

$$\%\ Ac = \frac{(V_{NAOH})(N_{NAOH})(meq\ ac.\ cítrico)}{M} X\ 100$$

(V_{NAOH}) = Cantidad de ml. De Hidróxido de sodio consumido en la titulación

(N_{NAOH}) = Normalidad del Hidróxido de Sodio (0.1N) meq $_{ác\ C´trico}$= Mili Equivalente expresado en gramos del ácido cítrico.

M = Peso de la muestra en miligramos.

Anexo 2: Determinación de color por espectrofotometría

La determinación del color ha estado en manos de expertos con una formación especializada durante mucho tiempo. Pero esto ha sido reemplazado por una solución más avanzada desde el punto de vista tecnológico, como la espectrofotometría.

Hoy en día, el color de los objetos no se juzga, sino que se puede medir. Los espectrofotómetros permiten un enfoque más preciso y cuantitativo del control del color.

- Materiales y equipos:
  - ✓ Espectrofotómetro.
  - ✓ Cubetas de cuarzo para uso espectrofotométrico.
- Procedimiento:
  - ✓ Realizar el lavado de las cubetas de cuarzo.
  - ✓ Calibrar el espectrofotómetro mediante el uso de un blanco.
  - ✓ Colocar 1 ml de muestra en las cubetas de cuarzo.
  - ✓ Configurar la longitud de onda con la se analizará la muestra.
  - ✓ Realizar el análisis espectrofotométrico.
  - ✓ Obtenido las transmitancia de la muestra con el uso de un computador analizar las muestras y obtener los valores de triestímulo y a partir de ellos calcular las coordenadas de color en el diagrama X, Y, Z como también en el espacio de color CIE.

Determinación de color (CIE 1031)

El método de la CIE para calcular el color de los objetos son largos pues requiere de, al menos, 81 medidas de la transmitancia y realizar a continuación los consiguientes cálculos. Por este motivo, durante muchos años se han aplicado otros métodos de obtención de los valores triestímulo a partir de ciertos valores seleccionados de unas cuantas longitudes de onda. Estos métodos reciben el nombre de MÉTODOS DE ORDENADAS SELECCIONADAS DE HARDY, uno de los cuales es el que se utiliza oficialmente en España

Calcular los valores triestímulo X, Y, Z, del vino mediante las siguientes expresiones:

$$X = 0.42\ \tau\ (625)\ +\ 0.35\ \tau\ (550)\ +\ 0.21\ \tau\ (445)$$

$$Y = 0.20\ \tau\ (625)\ +\ 0.63\ \tau\ (550)\ +\ 0.17\ \tau\ (495)$$

$$Z = 0.24\ \tau\ (495)\ +\ 0.94\ \tau\ (445)$$

A partir de estos valores se calculan las coordenadas x e y del punto representativo del color en el diagrama cromático de la CIE:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \qquad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

La INTENSIDAD de color se mide por la suma de las absorbancias del vino para un espesor de 1 cm, correspondientes a las longitudes de onda de 420 y 520 nm

La TONALIDAD se expresa, en grados sexagesimales, por el ángulo que forma con el eje de longitudes de onda la cuerda que une los puntos de la curva espectrofotométrica representativos de las absorbancias correspondientes a las longitudes de onda de 420 y 520 nm. La tangente de este ángulo es igual a A520 - A420 debido a las escalas convencionales con las cuales deben ser establecidas las curvas de absorbancia para poder medir este ángulo de modo normalizado

Anexo 3: Valores obtenidos del espectrofotómetro (Absorbancia)

ABSORBANCIA				INTENSIDAD DEL COLOR	TONALIDAD DEL COLOR
DESCRIPCION	REPETICIONES	420 nm	520 nm		
Jugo de caña testigo	R1	2.44	3.00	5.44	0.56
	R2	2.58	3.00	5.58	0.42
	R3	2.46	3.00	5.46	0.54
Jugo de caña 2 g/L	R1	2.40	2.90	5.30	0.50
	R2	2.47	2.92	5.39	0.45
	R3	2.34	2.89	5.23	0.55
Jugo de caña 2.5 g/L	R1	2.51	2.96	5.47	0.45
	R2	2.54	2.97	5.52	0.43
	R3	2.56	2.98	5.54	0.43
Jugo de caña 3 g/L	R1	2.55	2.97	5.53	0.42
	R2	2.62	2.97	5.59	0.36
	R3	2.51	3.00	5.51	0.49

Anexo 4: Valores obtenidos del espectrofotómetro (Transmitancia)

DETERMINACIÓN DE COLOR (TRANSMITANCIA)					
DESCRIPCIÓN	**REPETICIÓN**	**625 nm**	**550 nm**	**495 nm**	**445 nm**
Jugo de caña 3g/L	**R1**	1.28	0.78	0.48	0.27
	R2	1.03	0.64	0.41	0.24
	R3	0.85	0.56	0.37	0.22
Jugo de caña 2.5 g/L	**R1**	0.53	0.34	0.22	0.16
	R2	0.51	0.33	0.21	0.16
	R3	0.61	0.38	0.23	0.15
Jugo de caña 2 g/L	**R1**	0.59	0.39	0.24	0.16
	R2	0.55	0.35	0.22	0.15
	R3	0.5	0.34	0.22	0.15
Jugo de caña testigo	**R1**	0.41	0.43	0.26	0.14
	R2	0.57	0.31	0.19	0.12
	R3	0.54	0.42	0.25	0.14

Anexo 5: Valores triestímulos XYZ

REPETICIONES	**3g/L**		**2.5 g/L**		**2 g/L**		**0**	
R1	**X**	2.33	**X**	1.03	**X**	1.14	**X**	0.98
	Y	2.54	**Y**	1.09	**Y**	1.22	**Y**	1.1
	Z	0.75	**Z**	0.38	**Z**	0.4	**Z**	0.4
R2	**X**	1.91	**X**	1	**X**	1.05	**X**	1
	Y	2.08	**Y**	1.05	**Y**	1.12	**Y**	1.07
	Z	0.65	**Z**	0.37	**Z**	0.37	**Z**	0.31
R3	**X**	1.63	**X**	1.14	**X**	0.99	**X**	1.1
	Y	1.78	**Y**	1.22	**Y**	1.06	**Y**	1.21
	Z	0.59	**Z**	0.38	**Z**	0.37	**Z**	0.39

3g/hl		**2.5 g/hl**		**2 g/hl**		**0**	
X	5.87	**X**	3.17	**X**	3.18	**X**	3.08
Y	0.06	**Y**	0.03	**Y**	0.03	**Y**	0.03
Z	1.99	**Z**	1.13	**Z**	1.14	**Z**	1.1

Anexo 6: Fotos del proceso de ejecución del trabajo de investigación











