

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN LA INACTIVACIÓN
MICROBIOLÓGICA, ACEPTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS DE LA BEBIDA DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum
tuberosum*) Y PIÑA (*Ananas comosus* L.)**

PRESENTADO POR:

Br. MERCEDES LAYME LAYME

Br. LISBETH APAZA CONDORI

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

ASESOR:

MSC. ING. ANTONIETA MOJO QUISANI

FINANCIADO POR:

PROGRAMA “YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ” - UNSAAC

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Aplicación del ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mushua negra (Tropaeolum tuberosum) y Piña (Ananas comosus L.) presentado por: Mercedes Layme Layme con DNI Nro: 74294582, presentado por: Lisbeth Apaza Condori con DNI Nro: 76185291 para optar el título profesional/grado académico de: Ingeniero Agroindustrial

informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene por porcentaje de 9 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y acciones	Marque con una (x)
Del 1 al 10 %	No se considera plagio	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 04 de noviembre De 2024.



Firma

Post firma Msc. Antonieta Mayo Quisani

Nro. De DNI 24716895

ORCID del Asesor 0000 - 0002 - 4370 - 4409

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272591401915719

NOMBRE DEL TRABAJO

**APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN LA I
NACTIVACIÓN MICROBIOLÓGICA, ACEPTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS FISI**

AUTOR

Lisbet y Mercedes

RECUENTO DE PALABRAS

24952 Words

RECUENTO DE CARACTERES

138321 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

120 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 4, 2024 4:11 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 4, 2024 4:13 PM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

PRESENTACIÓN

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

En cumplimiento con las disposiciones del reglamento de grados y títulos vigentes de la Facultad de Ingeniería de Procesos – escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial; ponemos a su consideración la tesis intitulada: **“APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN LA INACTIVACIÓN MICROBIOLÓGICA, ACEPTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA BEBIDA DE MASHUA NEGRA (*Tropaeolum tuberosum*) Y PIÑA (*Ananas comosus* L.)”**, para optar al título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

El presente trabajo tiene como propósito determinar la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) al ser sometido a ultrasonido y su aportación en la agroindustria es dar una alternativa de procesamiento no convencional dentro de la industria de bebidas a base de frutas, conservando la calidad nutricional y atributos organolépticos de sabor, olor y color, a través de una tecnología amigable con el medio ambiente.

Las tesis

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por guiar mí camino y por ser fuente de perseverancia para concluir este proyecto.

A mis padres Saturnino y Visitacion por su apoyo incondicional e instruirme para la vida y por todo el apoyo en este proceso de formación profesional, a mis herman@s Helver, Nancy, Yenny, Cesar, Luz marina, Yovana, a mi mejor amigo y compañero Russel, compañeros y amigos por ser protagonistas de mi vida.

Mercedes Layme

*A dios por permitirme cumplir es
objetivo por ser mi guía, mi
fortaleza en mis días oscuros.*

*A mi querida madre Cristina
Condori Gutiérrez por su apoyo
incondicional, por el amor brindado
y mi padre Guillermo Apaza Zapata.*

*A mis tíos María Condori Gutiérrez
y Percy Arapa por ser mis guías en
mi formación profesional por estar
siempre presentes en cada etapa de
mi vida.*

*A mis queridos hermanos Yobana,
Carina, Guísela, Oscar, Frida,
Soledad y Waldir Apaza Condori por
el apoyo, amor y amistad
incondicional brindada*

*Y a mis ángeles en el cielo Fredy
Apaza Condori, Roberto Condori y
Florentina Gutiérrez, que desde
donde estén gocen de mis triunfos y
me den fuerzas en cada uno de mis
tropiezos*

*Y a mis amigos y compañeros de
trabajo quienes me brindaron su
apoyo incondicional, amistad y su
confianza en esta etapa de mi vida*

Atentamente: Lisbeth Apaza Condori

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por su compañía, guía y sostén a lo largo de nuestra carrera y la culminación de esta

En la realización de este proyecto pasamos por buenos y malos momentos. Queremos dar nuestras gratitudes a todas las personas que estaban a nuestro lado y han depositado la confianza en nosotras.

Agradecer a nuestra asesora de tesis Ingeniera Antonieta Mojo Quisani y al ingeniero Tomas Hanco Vizcarra por siempre tener la puerta abierta para resolver nuestras dudas por sus consejos y confianza depositadas en nosotras.

A los miembros del jurado por sus valiosas observaciones y sugerencias para mejorar este trabajo Ing. Francisco Casa, Ing. Uber Valenzuela, Ing. Percy Zavaleta y Ing. Mirian Calla flores.

A todos mis profesores de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrias-Filial Sicuani por sus enseñanzas y aportes en nuestra formación profesional.

A nuestros padres, hermanos, tíos y amigos por el aliento y apoyo incondicional brindado, sin su ayuda de ellos no hubiera sido posible este objetivo.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
ÍNDICE DE FOTOS	IX
RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.2.1. <i>Problema General</i>	2
1.2.2. <i>Problema Especifico</i>	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2. <i>Objetivo Especifico</i>	3
1.4. Hipótesis de la Investigación	3
1.4.1. <i>Hipótesis General</i>	3
1.4.2. <i>Hipótesis Especifico</i>	4
1.5. Justificación de la Investigación	4
1.6. Antecedentes de la Investigación.....	5
CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	11
2.1. Bases Teóricas	11
2.1.1. <i>Tratamiento de Ultrasonido</i>	11
2.1.1.1. Clasificación	12
2.1.1.2. Efecto del Ultrasonido	12
2.1.2. <i>Aplicación del Ultrasonido en la Industria</i>	13

2.1.2.1. Aplicación del Ultrasonido en los Alimentos	14
2.1.3. <i>Inactivación de Microorganismos con Ultrasonido</i>	16
2.1.3.1. Ultrasonido como Método en la Inactivación de Microorganismos	17
2.1.3.2. Métodos Rápidos de Enumeración de Microorganismos	17
2.1.4. <i>Características Fisicoquímicas</i>	20
2.1.4.1. Grados Brix	20
2.1.4.2. pH.....	21
2.1.4.3. Color	21
2.1.5. <i>Evaluación Sensorial</i>	24
2.1.5.1. Pruebas Afectivas.....	24
2.1.6. <i>Bebida Tipo Néctar</i>	26
2.1.6.1. Insumos para la Elaboración de Bebidas Frutadas.	26
2.1.6.2. Elaboración de Néctar.....	27
2.1.7. <i>Mashua Negra</i>	29
2.1.7.1. Composición Química	29
2.1.7.2. Capacidad Antioxidante de la Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	30
2.1.8. <i>Piña</i>	30
2.1.8.1. Composición Nutricional	31
2.1.9. <i>Diseño de Experimentos (DDE)</i>	31
2.1.9.1. Diseño Factorial	32
A. <i>Arreglo Factorial (Matriz de Diseño)</i>	32
B. <i>Modelo Estadístico</i>	34
C. <i>Ventajas</i>	35
2.2. Marco Conceptual	35
2.2.1. <i>Mashua Negra (Tropaeolum tuberosum)</i>	35

2.2.2.	<i>Piña (Ananas comosus L.)</i>	35
2.2.3.	<i>Bebida Tipo Nectar</i>	35
2.2.4.	<i>Ultrasonido</i>	35
2.2.5.	<i>Microorganismo</i>	35
2.2.6.	<i>Mohos</i>	36
2.2.7.	<i>Levaduras</i>	36
2.2.8.	<i>Inactivación Microbiología</i>	36
2.2.9.	<i>pH</i>	36
2.2.10.	<i>°Brix</i>	36
2.2.11.	<i>Color</i>	36
2.2.12.	<i>Análisis Sensorial</i>	36
CAPITULO III MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		37
3.1.	Lugar de Ejecución.....	37
3.2.	Tipo de Investigación.....	37
3.3.	Unidad del Análisis.....	37
3.4.	Población de Estudio.....	38
3.5.	Tamaño de Muestra.....	38
3.6.	Técnicas de Recolección de Información.....	38
3.6.1.	<i>Materiales, Instrumentos y Equipos</i>	38
3.6.2.	<i>Metodología para la Elaboración de la Bebida de Mashua Negra (Tropaeolum tuberosum) y Piña (Ananas comosus L.)</i>	42
3.6.3.	<i>Metodología para Determinar la Inactivación de Mohos y Levaduras</i>	43
3.6.4.	<i>Metodología para Determinar la Aceptabilidad de la Bebida</i>	45
3.6.5.	<i>Metodología para Determinar las Características Fisicoquímicas</i>	45
3.6.5.1.	Determinación del pH.....	45
3.6.5.2.	Determinación de los Grados °Brix.....	46
3.6.5.3.	Determinación del Color.....	46

3.7.	Identificación de Variables e Indicadores	46
3.8.	Operacionalización de Variables	47
3.9.	Técnicas de Análisis e Interpretación de la Información.....	49
3.9.1.	<i>Diseño Experimental</i>	49
3.9.2.	<i>Matriz Experimental</i>	50
3.10.	Técnicas para Demostrar la Verdad o Falsedad de las Hipótesis Planteadas	50
3.11.	Cálculos de Ingeniería.....	52
3.11.1.	<i>Balance de Masa</i>	52
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES		53
4.1.	Resultados de la Elaboración de la Bebida de Mashua Negra y Piña.....	53
4.1.1.	<i>Elaboración de la Bebida por Pasteurización sin Pigmento</i>	53
4.1.2.	<i>Elaboración de la Bebida por Ultrasonido sin Pigmento.</i>	54
4.1.3.	<i>Elaboración de la Bebida de Mashua Negra y Piña por Ultrasonido (con Pigmento de Mashua Negra).</i>	55
4.2.	Resultados de la Inactivación Microbiológica de Mohos y Levaduras	56
4.3.	Resultados de la Evaluación Sensorial de la Bebida de Mashua Negra y Piña Sometida a Ultrasonido.....	60
4.3.1.	<i>Color</i>	60
4.3.2.	<i>Olor</i>	62
4.3.3.	<i>Sabor</i>	64
4.4.	Resultados de Características Fisicoquímicas: pH, °Brix y Color	67
4.4.1.	<i>pH</i>	68
4.4.2.	<i>Solidos Totales</i>	70
4.4.3.	<i>Color (CIE L*a*b*)</i>	71
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		78
BIBLIOGRAFÍA		79
ANEXOS		90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Clasificación del ultrasonido</i>	12
Tabla 2: <i>Comparación de colonias de levaduras y mohos</i>	20
Tabla 3: <i>Requisitos microbiológicos de bebidas no carbonatadas</i>	29
Tabla 4: <i>ANOVA para el diseño factorial a x b</i>	34
Tabla 5: <i>Materias primas, materiales, instrumentos, equipos, reactivos y disolventes</i>	39
Tabla 6: <i>Escala hedónica verbal de 5 puntos</i>	45
Tabla 7: <i>Operacionalización de variables</i>	47
Tabla 8: <i>Matriz experimental para el estudio de la bebida de mashua negra y piña</i>	50
Tabla 9: <i>Resultados de la Inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña</i> <i>UFC/ml</i>	56
Tabla 10: <i>Resultados de la Inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña</i>	56
Tabla 11: <i>Análisis de varianza para la inactivación microbiológica</i>	58
Tabla 12: <i>Análisis de varianza para el color</i>	61
Tabla 13: <i>Análisis de varianza para el olor</i>	63
Tabla 14: <i>Análisis de varianza para el sabor</i>	65
Tabla 15: <i>Resultados de las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña</i>	67
Tabla 16: <i>Resumen estadístico para el color</i>	72
Tabla 17: <i>Fórmula para la elaboración de la bebida de mashua negra y piña</i>	92
Tabla 18: <i>Resultados de la evaluación sensorial de la bebida de mashua negra y piña sometida a</i> <i>ultrasonido</i>	95
Tabla 19: <i>Análisis de varianza de los valores de pH de la bebida de mashua negra y piña con</i> <i>exposición al ultrasonido</i>	97
Tabla 20: <i>Análisis de varianza de los valores de °Brix de la bebida de mashua negra y piña con</i> <i>exposición al ultrasonido</i>	97
Tabla 21: <i>Análisis de varianza de los valores de la coordenada L* de la bebida de mashua negra</i> <i>y piña con exposición al ultrasonido</i>	97
Tabla 22: <i>Análisis de varianza de los valores de la coordenada a* de la bebida de mashua negra</i> <i>y piña con exposición al ultrasonido</i>	98

Tabla 23: <i>Análisis de varianza de los valores de la coordenada b^* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido</i>	98
Tabla 24: <i>Análisis de varianza de los valores de la coordenada C^* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido</i>	98
Tabla 25: <i>Resumen del balance de masa de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido</i>	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Desarrollo e implosión de una burbuja formada por la propagación de una acústica en un medio líquido</i>	13
Figura 2: <i>Comparación de colonias de levaduras y mohos</i>	20
Figura 3: <i>Proceso interactivo de la experimentación</i>	32
Figura 4: <i>Efectos principales y efectos de interacción</i>	33
Figura 5: <i>Graficas de interacción: el efecto del incremento de B sobre Y es diferente dependiendo del nivel de A, y viceversa</i>	33
Figura 6: <i>Diagrama de bloque para determinar las variables de estudio de la bebida de Mashua negra (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y piña (<i>Ananas comosus L.</i>) asistida por ultrasonido</i>	42
Figura 7: <i>Esquema experimental para el estudio de la bebida de mashua negra y piña</i>	47
Figura 8: <i>Bebida de mashua negra y piña sometida a pasteurización</i>	53
Figura 9: <i>Bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido</i>	54
Figura 10: <i>Bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido (pigmentada con mashua negra)</i>	55
Figura 11: <i>Curva de inactivación microbiológica (mohos y levaduras) a 28 kHz y 40 kHz</i>	57
Figura 12: <i>Diagrama de Pareto estandarizado para la inactivación microbiológica</i>	58
Figura 13: <i>Diagrama de Pareto Estandarizada para color</i>	61
Figura 14: <i>Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el color</i> ...	62
Figura 15: <i>Diagrama de Pareto estandarizada para olor</i>	63
Figura 16: <i>Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el olor</i>	64
Figura 17: <i>Diagrama de Pareto estandarizada para sabor</i>	65
Figura 18: <i>Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el sabor</i> ...	66

Figura 19: Resumen de las figuras estadísticas de pH de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido.....	68
Figura 20: Resumen de las figuras estadísticas de los °Brix de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido	70
Figura 21: Resumen de las figuras estadísticas de las coordenadas L* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido	73
Figura 22: Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada a* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido	74
Figura 23: Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada b* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido	75
Figura 24: Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada C* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido.....	76
Figura 25: Diagrama de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización.....	90
Figura 26: Diagrama de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por ultrasonido	91
Figura 27: Diagrama de bloque de la extracción del pigmento mashua negra	92
Figura 28: Balance de masa y energía de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diagramas de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido/obtención del pigmento de mashua negra	90
anexo 2: Evaluación sensorial de la bebida de mashua negra y piña	93
anexo 3: Características físicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña	97
anexo 4: Balance de masa de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña	99
anexo 5: Fotografía de la parte experimental de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido por diferentes frecuencias y tiempo	101

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: <i>Materia prima</i>	101
Foto 2: <i>Extracción del colorante (equipo rota vapor)</i>	101
Foto 3: <i>Concentrado de pigmento</i>	102
Foto 4: <i>Pesado de insumos</i>	102
Foto 5: <i>Mezclado del pigmento con la dilución de piña</i>	103
Foto 6: <i>Equipo de ultrasonido</i>	103
Foto 7: <i>Bebida de mashua negra y piña pigmentada con mashua negra</i>	104
Foto 8: <i>Medicina de características físico-químicas</i>	104
Foto 9: <i>Sembrío de microorganismos</i>	105
Foto 10: <i>Incubadora a 37°C</i>	106
Foto 11: <i>Conteo de microorganismos</i>	106
Foto 12: <i>Reclutamiento de los panelistas y acondicionamiento de la sala de evaluación sensorial.</i>	107
Foto 13: <i>Aplicación de la evaluación sensorial a través de pruebas afectivas-escala hedónica verbal</i>	107

RESUMEN

El ultrasonido es una tecnología empleada para la inactivación de microorganismos y conservar las características fisicoquímicas, a través de las ondas sonoras. La presente investigación tuvo como objetivo aplicar el ultrasonido en la inactivación microbiana, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), sometidas a diferentes frecuencias de 28 y 40 kHz, tiempos de exposición 10, 20 y 30 min, la cantidad de muestra fue de 200 ml para cada tratamiento, se utilizó el diseño factorial mixto $2 \times 3 = 6$ tratamientos con 3 réplicas por tratamiento, se trabajó con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.I para el análisis estadístico. Los resultados mostraron que para un tiempo de exposición de 30 minutos y frecuencia ultrasónica de 28 kHz, se obtuvo una reducción de 1.15 ciclos logarítmicos en mohos y levaduras teniendo un efecto significativo ($p < 5\%$); para la aceptabilidad la frecuencia ultrasónica influye significativamente ($p < 5\%$) en los atributos de olor y color. En cuanto al sabor no hay efecto significativo ($p > 5\%$) al ser sometidos a los diferentes frecuencias y distintos tiempos de exposición. Los tratamientos que tuvieron mayor aceptabilidad fue T4 (color y sabor) y T5 (olor). Para las características fisicoquímicas se observa que a diferentes frecuencias (28 y 40 kHz) y tiempos de exposición (10, 20 y 30 min) tiene efecto significativo al ($p < 5\%$) mas no en los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) se evidencia que al aumentar el tiempo y disminuir la frecuencia ultrasónica se observa un incremento en los sólidos solubles. El presente estudio ofrece mejora en la aplicación de tecnologías no emergentes en la conservación de los alimentos y bebidas.

Palabras claves: bebida, ultrasonido, reducción microbiana y características fisicoquímicas

INTRODUCCIÓN

Según la norma NTP 203.110 (2009), una bebida de fruta es un producto elaborado a partir de la mezcla de agua y jugo de fruta, con la adición de ingredientes y aditivos permitidos por el Codex Alimentarius, es un líquido sin fermentar, pero fermentable que contiene un mínimo del 10% de sólidos solubles. En países desarrollados, las bebidas a base de frutas se consumen en grandes cantidades y son muy populares; actualmente los consumidores exigen un producto que sea mínimamente procesado, seguro, nutritivo y apetecible.

La inactivación microbiológica es crucial para garantizar la seguridad alimentaria del consumidor y alargar la vida útil del producto. La pasteurización es un método efectivo para la reducción microbiológica, esta a su vez ocasiona alteraciones en la calidad nutricional, calidad sensorial y cambios fisicoquímicos. Por otro lado, el ultrasonido emplea las ondas sonoras de alta intensidad para inactivar microorganismos en alimentos y bebidas, basándose en el principio de cavitación para dicho efecto, es una tecnología eficiente y respetuosa con las propiedades del producto y el medio ambiente.

La piña (*Ananas comosus* L.) y la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) son dos ingredientes que ofrecen múltiples beneficios en la industria alimentaria y la salud. La piña es rica en vitamina C y antioxidantes, y es el ingrediente valioso para la prevención y el fortalecimiento del sistema inmunológico. Por otro lado, la mashua negra es una fuente importante de antioxidantes, proteínas, fibra dietética y minerales esenciales.

En este tenor, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña, al ser sometida a diferentes frecuencias y tiempos ultrasónicos.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

La bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido combina los beneficios nutricionales, empleando el ultrasonido como tecnología de conservación de nutrientes y calidad sensorial. Presentando así al mercado una bebida refrescante y nutritiva con alto valor potencial añadido.

Los procesos térmicos son efectivos para reducir e inactivar la carga microbiana (patógenos y microorganismos esporulados) presente en los néctares, jugos y bebidas a base de frutas (Cammarata, 2010), estudios previos han revelado que los tratamientos térmicos de altas temperaturas ocasionan consecuencias no deseadas, ocasionando pérdidas en el valor nutricional, compuestos fenólicos y alteraciones fisicoquímicas (Lopez & Palou, 2005).

Ante esta problemática, surge la necesidad de buscar nuevas tecnologías de inactivación de microorganismos, que permitan evitar los efectos adversos asociados por los tratamientos térmicos en las bebidas a base de frutas. Dentro de un contexto donde la demanda de productos mínimamente procesados, frescos y sin conservantes está en aumento, se hace evidente la pertinente búsqueda de nuevos métodos alternativos a los métodos tradicionales de conservación en alimentos. Siendo determinantemente necesario abordar esta problemática ancestral que persiste en la actualidad.

En el futuro, se prevé que la problemática relacionada con la calidad nutricional y sensorial de las bebidas de frutas persistirá y posiblemente se intensificará a medida que aumente la demanda de productos frescos y mínimamente procesados en el mercado (Fernández et al, 2001). Dado que la población seguirá mostrando interés en consumir alimentos más saludables y naturales, es probable que la necesidad de encontrar elecciones de conservación que preserven las propiedades

nutritivas y organolépticas de las bebidas a base de frutas se vuelva aún más urgente. En este escenario, se espera que las tecnologías emergentes, como el ultrasonido, jueguen un papel crucial en la búsqueda de soluciones innovadoras que permitan ofrecer productos de alta calidad sin someter a tratamientos térmicos intensos de conservación que pueda afectar la calidad fisicoquímica, sensorial y nutritiva (Rivas, 2007).

El ultrasonido se destaca por su capacidad para inactivar microorganismos sin necesidad de recurrir a aumentos drásticos de temperatura, se requiere llevar a cabo más experimentos para consolidarlo como un método de conservación independiente. Por ende, se plantea la utilización del ultrasonido como una opción prometedora para superar las restricciones presentadas por los tratamientos térmicos (pasteurización), abriendo camino a la seguridad alimentaria y mejora de la calidad en las bebidas a base de frutas.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye el ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)?

1.2.2. Problema Especifico

1. ¿La frecuencia ultrasónico y tiempo influyen en la inactivación de mohos y levaduras de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)?
2. ¿La aceptabilidad del color, olor y sabor de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) se verá influenciada por la frecuencia ultrasónico y tiempo?

3. ¿Las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) se verá influenciada por la frecuencia ultrasónico y tiempo?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Aplicar el ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)

1.3.2. Objetivo Especifico

1. Evaluar la influencia de frecuencia ultrasónico y tiempo en la inactivación de mohos y levaduras de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)
2. Evaluar la aceptabilidad del color, olor y sabor a través de pruebas afectivas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), al ser sometido a ultrasonido.
3. Determinar las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), al ser sometido a ultrasonido.

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. Hipótesis General

El ultrasonido influye en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)

1.4.2. Hipótesis Específico

1. La frecuencia ultrasónico y tiempo influyen en la inactivación de mohos y levaduras de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)
2. La aceptabilidad de color, olor y sabor de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), dependen de la frecuencia ultrasónico y tiempo.
3. Las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), se ven influenciadas por la frecuencia ultrasónico y tiempo.

1.5. Justificación de la Investigación

La presente investigación de la aplicación del ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) tiene una justificación integral en varios aspectos.

Desde el punto de vista económico, el ultrasonido es una tecnología de baja energía en comparación a los métodos tradicionales de procesamiento térmico, el presente estudio podría mejorar los procesos de conservación de alimentos, presentando una mayor eficiencia y productividad dentro de la industria alimentaria.

Socialmente, la inclusión de ingredientes nutritivos como la mashua negra y la piña podría contribuir a la diversificación de la dieta y fomentar hábitos alimenticios más saludables.

Desde la perspectiva ambiental, el uso del ultrasonido es una tecnología respetuosa con el medio ambiente, comprime la huella de carbono al requerir menos energía y reduce los tiempos de procesamiento, promoviendo así prácticas más sostenibles en la industria alimentaria.

Académicamente, la presente investigación contribuirá a aumentar el conocimiento científico, ofrecerá nuevas oportunidades para la mejora de nuevos productos alimenticios más saludables y atractivos para las clientelas incentivando a la innovación tecnológica dentro de la industria alimentaria.

1.6. Antecedentes de la Investigación

Según Rivas (2007) En su trabajo de investigación de “ultrasonido en los procesos de conservación de alimentos líquidos” el propósito de este presente trabajo fue evaluar el tiempo de inactivación microbiológica en la leche sometida a 22 kHz, a temperatura ambiente, 40, 50, 60 °C inoculadas con *Escherichia coli* o *Staphylococcus aureus* dentro de un vaso precipitado con 60 ml de leche. En donde los tratamientos fueron aplicados a diferentes tiempos de exposición. Los resultados muestran que, a temperatura ambiente no se observó una muerte total microbiana. Pero al combinarse con el calor mostraron efectos favorables. La muerte de *Escherichia coli* se dio a 10 min; 50 °C después de 5 min; 60 °C. Mientras para *Staphylococcus aureus*, se reportó su destrucción total a los 5 min de tratamiento ultrasonido a 60 °C. Además, el ultrasonido no influye significativamente en el pH ni el color de la leche.

Según Pérez (2019) en su trabajo de investigación “Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de “zarzamora” *Rubus floribundus* (Rosaceae)”, realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo – Perú. Tuvo como objetivo “evaluar el efecto de dos tiempos de exposición al ultrasonido y dos temperaturas sobre la acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio (pulpa) de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae)”, utilizando ultrasonido de frecuencia 40 kHz, llegando a los siguientes resultados; el tiempo y la temperatura

tuvieron efecto significativo al 5 % en las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras. La conclusión fue que existe efecto significativo del tiempo y temperatura sobre las características fisicoquímicas, mohos y levaduras. El tiempo de 30 minutos y temperatura de 40 °C mantienen una menor variación en sus características fisicoquímicas, en mohos y levaduras. En cuanto a la vitamina C, el tiempo de 30 min y 25 °C produce menor variación.

Según Zou & Jiang (2016) en su trabajo de investigación “Efecto del tratamiento con ultrasonido sobre la calidad y carga microbiana del jugo de zanahoria”, realizada en la Universidad de Nacionalidades de Dalian de Liaoning – China. Tuvo como objetivo principal investigar en detalle el efecto del tratamiento con ultrasonido en la calidad del jugo de zanahoria, parámetros fisicoquímicos, compuestos bioactivos y carga microbiana. Obteniendo los siguientes resultados a 40 kHz con tiempos de exposición de 2 min, 20 min, 40 min y 60 min, no hay efecto significativo al 5 % sobre las características fisicoquímicas y hay efecto significativo al 5 % en mohos y levadura. La conclusión principal fue que el tratamiento con ultrasonido mejora la calidad y seguridad del producto.

Según Herrera (2020) en su trabajo de investigación “aplicación de ultrasonido de alta intensidad en la formulación de una bebida funcional de lactosuero-avena”, realizada en la Universidad Autónoma de Chihuahua – México. Tuvo como objetivo “evaluar la combinación lactosuero-avena y la aplicación de ultrasonido de alta intensidad en el desarrollo de una bebida prebiótica, en función de la viabilidad de *Lactobacillus casei*, actividad antioxidante y aceptación sensorial”, obteniendo los siguientes resultados a 40 kHz y 11 W/cm² por 3 – 10 minutos, que todos los tratamientos fueron adecuadas para el desarrollo de la bebida prebiótica de *L. casei* con rango de población de 7 a 8.86 Log UFC/ml y con respecto a aceptación sensorial no hay influencia de

ningún factor, es decir, la aceptabilidad fue baja. La conclusión principal fue que el ultrasonido mostro mejores resultados con respecto al crecimiento de *L. casei* y baja aceptación de la bebida.

Según Urrelo (2010) en su trabajo de investigación “Evaluación microbiológica y cuantificación de antocianinas en el extracto acuoso de la coronta de maíz morado (*Zae mays L.*) tratado por ultrasonido” realizada en la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo Maria – Perú. Tuvo como objetivo “evaluar la microbiológica mediante el recuento total de mohos y levaduras, así como también la cuantificación de antocianina por el método de pH diferencial, en extracto acuoso (pH: 3.5, 4.0, 4.5) a partir de la coronta de maíz morado tratado con ultrasonido (10, 20, 30 min) y un testigo (0 min, ebullición 5 min), por 40 kHz”, durante el almacenamiento a temperatura ambiente, los extractos sonicado a 30 min, presentaron menores cargas microbianas (Recuento total de Mohos y levaduras <1; Recuento Total Mohos y Levaduras < 10 ufc/ml de extracto respectivamente).

Según Ferrario & Guerrero (2016) en su “Estudio de la inactivación de microorganismos deteriorativos en jugos de manzana y melón tratados por luz pulsada y ultrasonido”, donde estudió “el efecto de luz pulsada ($0-71 \text{ J/cm}^2$, <20 °C) y ultrasonido (US, 20 kHz, 30 min, T: 25 °C), en la inactivación de *Alicyclobacillus acidoterrestris*, células de *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* en jugos naturales de manzana y melón”. Los tratamientos de LP y US provocan una reducción de 3.1 y 2.7 ciclos logarítmicos. La combinación de la luz pulsada y ultrasonido logró reducir 5.7 ciclos logarítmicos. El jugo de manzana tuvo buena aceptabilidad por que se resaltó su sabor a manzana natural.

Según Arevalo (2018) en su trabajo de investigación “Aplicación de irradiación UV-C, ozono y ultrasonido de baja frecuencia como métodos alternativos a la pasteurización en jugo de piña con espinaca”, realizada en la Universidad Nacional Autónoma de México. Tuvo como

objetivo “Evaluar el efecto de la aplicación de la irradiación UV-C, ozono y ultrasonido de baja frecuencia en jugo de piña con espinaca sobre sus propiedades nutricionales, organolépticas, microbiológicas y de calidad” uno de los métodos alternativos fue el ultrasonido de baja frecuencia de 42 kHz con dos tiempos de 20 y 25 minutos. Los resultados mostraron la conservación de vitamina A y C; y hay una reducción de los microorganismos tratados con ultrasonido a 42 kHz por tiempo de 25 minutos. Llegando a una conclusión de que el ultrasonidos de baja frecuencia es una buena alternativa a la pasteurización, ya que elimino por completo los microorganismos y no modifiko las cualidades sensoriales.

Según Ponce de Leon (2019) en su trabajo de investigación “Efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de Camu camu (*Myrciaria dubia*)”, realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo – Perú. Tuvo como objetivo “Evaluar el efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el contenido de vitamina C, solidos solubles, acidez y recuento de mesofilos en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*)”, estudiados a diferentes tiempos y una frecuencia de 40 kHz. Los resultados obtenidos indican que el tiempo y el ultrasonido tienen efecto significativo ($p = 0.05$) sobre las propiedades estudiadas, a los 30 minutos de exposición se evidencia como la conservación de vitamina C, solidos solubles, % acidez y recuento de mesofilos; sin embargo, a mayor tiempo de exposición (45 y 60 min) se observa la disminución de vitamina C e incremento en solidos solubles y con lo que respecta a aerobios mesofilos no se encontraron diferencias significativas. En conclusión, existe efecto significativo al 5% sobre la vitamina y solidos solubles, es decir, a 40 kHz y 30 minutos se obtiene mayor contenido de Vitamina C, pasando este tiempo de exposición tiende a disminuir hasta un 50 % de vitamina C y con respecto

a % de acidez y recuento de mesófilos a 40 kHz y tiempos de 0 a 60 minutos no hubo efectos significativos.

Según Perdomo del aguila (2017) en su trabajo de investigación “Efecto de tiempo de exposición al ultrasonido (40 kHz) en las características fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (*Mangifera Indica L.*) variedad edward”, realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo – Perú. Tuvo como objetivo “Evaluar el efecto del tiempo (0, 15, 30, 45 y 60 minutos) de exposición con ultrasonido a una frecuencia de 40 kHz, sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilos y aceptabilidad general, en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Edward”. Los resultados mostraron que el tiempo y ondas de ultrasonido tienen efecto significativo ($p < 0.05$) sobre las características estudiadas. La prueba de Duncan indicó que a 45 minutos permitió obtener el mejor color (L^* , a^* y b^*), sólidos solubles (18.11 %), pH (3.34) y recuento de aerobios mesófilos (1.69 ufc/g).

Según Gomez (2022) en su trabajo de investigación “Efecto del tratamiento con ultrasonido en zumo de mango ciruelo (*Spondias mombin*) sobre las propiedades fisicoquímicas, inactivación enzimática y contenido de vitamina C”, realizada en la Universidad Nacional de Frontera Sullana – Perú. Tuvo como objetivo “Evaluar el efecto del tratamiento con ultrasonido (37 kHz y 80 kHz) en el zumo de mango ciruelo (*Spondias mombin*), en dos tiempos de exposición (20 min y 30 min) y temperatura de 40 °C, sobre las propiedades fisicoquímicas, inactivación enzimática y contenido de vitamina C”, los resultados muestran que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) en sólidos solubles, acidez titulable, inactivación enzimática, colorimetría y contenido de vitamina C, mientras que para la luminosidad y pH no existe efecto significativo. Es así, la mejor frecuencia y tiempo de exposición para inactivación enzimática fue a 80 kHz por 30 min, desnaturalizándose

de 81.19 % en enzima peroxidasa y oxidasa en 82.64 %, acidez titulable mostro un aumento de 0.721 % y con respecto a vitamina C mostro mayores resultados al aplicar una frecuencia de 37 kHz por 20 min. Sin embargo, el color ($L^* a^* b^*$) en coordenadas a^* disminuyo a un menor tiempo de 20 minutos y con respecto a solidos solubles obtuvo valor de 15.40 % a una frecuencia de 37 kHz por 20 minutos. Concluyendo que existe diferencia significativa en el tiempo de exposición al ultrasonido y frecuencia sobre los sólidos solubles, acidez titulable, colorimetría, vitamina C y con respecto a luminosidad y pH no existió efecto significativo.

Según Porras et al., (2011) en su trabajo de investigación “Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad comun”, realizada en la Escuela de Ingeniería Agroindustrial-Instituto Universitario de la Paz UNIPAZ; tuvo como objetivo “determinar los efectos de la aplicación de ondas de ultrasonido de alta intensidad (frecuencias inferiores a 100 kHz) sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad común”, para el estudio se utilizó frecuencias de (25-40 kHz) por tiempos de (15; 30; 45 y 60 min). “Los resultados obtenidos mostraron que la frecuencia de operación, como el tiempo de exposición al tratamiento de ondas de ultrasonido, tienen un efecto significativo ($p=0.05$), sobre las propiedades estudiadas. Siendo los efectos más significativos al aplicar una frecuencia de 25 kHz y un tiempo de exposición de 60 min; tales como el aumento en los sólidos solubles (26.7 %), la densidad (30 %), la acidez (70.9 %) y el descenso del pH (0,32 %). Sobre la carga microbiológica, se evidenció una inhibición en los mesófilos aerobios (54.7 %), así como para los hongos y levaduras (62.1 %)”.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. *Tratamiento de Ultrasonido*

El ultrasonido es definido como una forma de energía que viaja en ondas de sonido iguales o mayores a 20000 vibraciones por segundo y a su vez produce compresión (alta presión) y rarefacción (baja presión) y esta frecuencia supera a lo audible por el oído humano: 20 kHz (Hoover, 2000).

Según Mason (1998), expresa que el rango de sonido empleado es muy amplio y esta a su vez se puede dividir en alta frecuencia – baja energía en el rango de MHz aplicado como ultrasonido de diagnóstico; baja frecuencia – alta energía produce cambios permanentes en el medio tratado.

Ultrasonido de Potencia (High Power Ultrasound – HPU)

El equipo de ultrasonido consta de tres partes fundamentales: generador, transductor y emisor. El generador tiene la finalidad de transformar la señal eléctrica de la red a la frecuencia deseada; el transductor convierte la señal eléctrica de alta frecuencia en vibraciones mecánicas y el emisor irradia la energía acústica generada por el transductor al medio a tratar.

2.1.1.1. Clasificación.

Tabla 1:

Clasificación del ultrasonido

	Alta intensidad 18-100 kHz.	Rompimiento celular
Ultrasonido	Procesamiento estabilización de alimentos	o Permeabilización la de membrana celular
		Cambios estructurales y Fisicoquímicos
		Homogenización de emulsiones.
	Baja intensidad > 100 kHz	Ecografías
	Diagnóstico, control de calidad, fenómenos de relajación.	Aplicaciones terapéuticas de

Nota: Extraídos de aplicación del ultrasonido en la industria de los alimentos (Delgado, 2012)

La baja intensidad tiene por objetivo obtener información acerca del medio de propagación sin producir ninguna modificación en su estado y de alta intensidad son las que producen cambios permanentes en el medio tratado y utilizan la energía ultrasónica para ello (Diplomado, 2014).

2.1.1.2. Efecto del Ultrasonido.

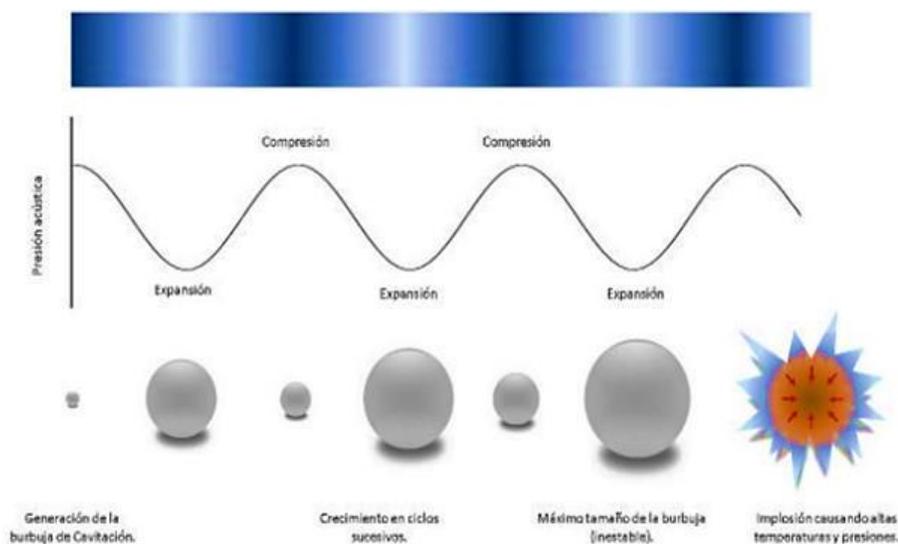
El ultrasonido altera y modifica el medio circulante debido a efectos asociados puede explicarse mediante varios mecanismos asociados (Kremkau, 2002).

a. Cavitación

El sonido puede propagarse a través de diferentes materiales en diferentes formas. “Cuando las ondas sonoras se transmiten en un medio líquido, crean ciclos alternos de alta presión (compresión) y baja presión (expansión) dependiendo de la frecuencia”. Al continuar con este ciclo de compresión y expansión las burbujas irán incrementando su tamaño hasta llegar a una implosión, según la figura 1 (Calderón et al., 2019).

Figura 1:

Desarrollo e implosión de una burbuja formada por la propagación de una acústica en un medio líquido



Nota: Obtenido de (Calderón et al., 2019)

Cuando se produce la implosión de una burbuja de cavitación, se generan temperaturas alrededor de 4000 °K y presiones que pueden alcanzar los 100 MPa. La vida media de estos “puntos calientes” es de apenas 0.1 μ s. El colapso de las burbujas es muy rápido y potente; y produce fuerzas cortantes capaces de romper fuertes enlaces químicos (Cárcel, 2003)

b. Calentamiento

Este calentamiento se da en la propagación de las ondas ultrasónicas en un medio, todas las partículas del medio se encuentran vibrando. Transformando parte de la energía acústica en calor al poner resistencia viscosa a esta vibración (Mason, 1998).

2.1.2. Aplicación del Ultrasonido en la Industria

El equipo ultrasonido es utilizada en diferentes investigaciones de la industria de alimentos y tiene mucha importancia en ello, se puede considerar ambientalmente sustentable, es un equipo seguro y se aplica de forma práctica (Robles et al., 2012).

El equipo de ultrasonido se puede aplicar de tres maneras distintas:

- 1 Aplicación directa al alimento o al producto en donde el objetivo es inactivar los microorganismos.
- 2 Al aplicar a un dispositivo de presión y calor tiene efecto sobre la inactivación enzimática.
- 3 Baños de ultrasonido

2.1.2.1. Aplicación del Ultrasonido en los Alimentos.

Se realizaron estudios de investigación sobre el uso de ultrasonido de alta energía y de baja energía. El ultrasonido de alta energía se considera usualmente mayores a 1 W/cm^2 y frecuencia entre 18 a 100 kHz, se realizaron investigaciones en desgasificación de líquidos, en la extracción de enzimas y proteínas, en inducción de reacciones de oxidación-reducción, así como para inducir la nucleación en el congelado y para inactivación enzimática (Diplomado, 2014).

Por otra parte, se estudió sobre la estimulación de actividad celular, efecto sobre las enzimas y limpieza de superficies de alimentos. En procesos como cristalización, filtración, extracción, secado, congelado y emulsificación se ha informado el uso de ultrasonido como tecnología asistente (Diplomado, 2014).

Jugos de Frutas

La enzima pectinesterasa es la más estable al calor. Esta enzima induce la desestabilización de la pectina, esta es la responsable de causar turbidez en los jugos de fruta (Rivas, 2007), también se encontró que la inactivación de pectinesterasa por ondas ultrasónicas depende del tiempo de exposición, temperatura, presión y pH del medio, así como la amplitud del ultrasonido. Esta inactivación es irreversible y la enzima no se reactiva durante el ultrasonido. (Rivas, 2007)

Jarabe

El ultrasonido fue utilizado con la finalidad de reducir la carga microbiana de un tipo de jarabe iraní que se extrae de los dátiles y mejorar la calidad. Los resultados demostraron que el ultrasonido incrementa el producto extraído en un tiempo más corto con una mejor calidad organoléptica y decreta el conteo microbiano en comparación con el método clásico (Rivas, 2007).

Ventajas y Desventajas del Ultrasonido en la Industria Alimentaria.

Según Diplomado (2014) los efectos ventajosos que se considera son lo siguiente:

- Generalmente el equipo de ultrasonido trabaja con frecuencia de 20kHz a 10 MHz
- Segura contra esporas, células vegetativas y enzimas.
- Reducen los tiempos de exposición y temperaturas del proceso.
- Las plantas ya establecidas requieren en menor cantidad la adaptación del equipo.
- Poca probabilidad de alteración en la textura y estructura de los alimentos.
- Puede aplicarse en procesos intermitentes o continuos.
- Tienen un efecto significativo en esporas, pero requiere mayor tiempo de exposición.
- El equipo mejora las cualidades del producto como viscosidad, emulsificación, desairado, en líquidos, vida útil e inactivación de enzimas y microorganismos.
- El equipo de ultrasonido en función del efecto de cavitación mejora los sabores, la extracción de propiedades funcionales y propiedades nutricionales del alimento (Robles et al., 2012).

Desventaja

- El ultrasonido no es totalmente eficiente en grandes cantidades de producción y es necesario la combinación con tratamientos de presión, calor o el uso de las dos (Delgado, 2012).

Hoy en día, el equipo de ultrasonido tiene mucha importancia en el rubro de industrias alimentarias el cual tiene gran ventaja sobre los equipos tradicionales, también mejora los atributos de calidad y reduce el tiempo de procesamiento de alimentos. Es una tecnología segura, limpia y de gran utilidad; aplicados en la extracción, secado, congelado, descongelado, entre otros. El efecto de conservador del ultrasonido produce la cavitación gaseosa. Los ultrasonidos se aplican con baja y alta frecuencia, así como baja y alta intensidad. De esa forma varía la longitud de onda, la intensidad y frecuencia dando mejores resultados, mejores tiempos de extracción e incremento de producción, formas de mezclado y elaboración de productos alimenticios (Robles et al., 2012).

2.1.3. *Inactivación de Microorganismos con Ultrasonido*

La inactivación microbiana mediante ultrasonido de alta intensidad se imputa fundamentalmente al fenómeno de cavitación, formación de radicales libres, al esfuerzo cortante, rarefacción, turbulencia, compresión y al aumento de temperatura (Knorr et al., 2004). Estos fenómenos mencionados influyen en la destrucción de las células microbianas efectivamente tienen efecto limitado sobre la inactivación microbiana por ser muy focales o puntuales, influyendo a una región reducida (disminuyendo el número de microorganismos). (Piyasena et al., 2003)

No obstante, “durante este fenómeno de cavitación, se libera gran cantidad de energía en forma de presión favoreciendo los procesos de transferencia de materia y diferentes reacciones químicas que contribuyen a la muerte de los microorganismos” (Almudena, 2017).

La prolongación de los daños físicos y sonoquímicos depende de los parámetros del ultrasónico (frecuencia e intensidad). También existen otros factores que influyen en la efectividad del ultrasonido sobre la carga microbiana como: tipo de microorganismo, estado fisiológico, tipo de alimento o medio donde se encuentren y temperatura de tratamiento (Piyasena et al., 2003).

2.1.3.1. Ultrasonido como Método en la Inactivación de Microorganismos

Las investigaciones por ultrasonido son un método potencial para la inactivación microbiológica, este método comenzó desde los años 60. “El mecanismo de inactivación microbiana se debe principalmente al adelgazamiento de la membrana celular causada por la implosión”. Durante la implosión se produce inmensas cantidades de calor y presión durante tiempos muy cortos y todo este fenómeno se le conoce como cavitación (Chaveste, 2006).

La efectividad de este tratamiento ultrasónico depende la cantidad, forma y tipo de bacteria. Los microorganismos esporulados, son relativamente resistentes a los efectos, por lo que es necesario periodos más largos de ultrasonido para mantener un producto inocuo (Rivas, 2007)

Los factores más conocidos para afectar la efectividad de la inactivación microbiológica son la amplitud de las ondas, tiempo de contacto/exposición, volumen del producto a ser procesado, la composición y la temperatura del tratamiento (Piyasena et al., 2003).

2.1.3.2. Métodos Rápidos de Enumeración de Microorganismos.

Cuando se realiza un análisis microbiológico suele demandar mucho tiempo. En la actualidad se han desarrollado métodos rápidos “para cuantificar o detectar microorganismos, en algunas ocasiones es muy necesario dar resultados rápidos” y hoy en día es posible dar respuestas rápidas. Estos métodos son un conjunto de técnicas microbiológicas, bioquímicas, fisiológicas, inmunológicas, serológicas para el aislamiento más efectivo, la detección, caracterización y enumeración más rápida de microorganismos (Alonso et al., 2008).

1. Placas 3M Petrifilm™

“Es un método microbiológico que consiste en una familia de placas listas para usarse, ofreciendo un ahorro de tiempo, incremento de productividad, fiabilidad y eficiencia. Las cuales están diseñados con una película rehidratable cubierta con nutrientes y agentes gelificantes”.

Proporciona resultados en tres simple pasos: inoculación, incubación y recuento (Alonso et al., 2008).

Las Placas 3M Petrifilm™ están disponibles para las diferentes necesidades de pruebas microbiológicas incluyendo: recuento de coliformes, recuento de *E. coli*/coliformes, recuentos de aerobios, recuento de Enterobacterias, recuento de alta sensibilidad de coliformes, recuento rápido de coliformes, recuento para mohos y levaduras, recuento de *Staphylococcus aureus* y *Listeria* en ambientes (Alonso et al., 2008).

2. Recuento de Mohos y Levaduras

Las Placas 3M Petrifilm™ de Recuento de Mohos y Levaduras es un medio de cultivo listo para usar, contiene nutrientes de “Sabhi” enriquecidos con antibióticos (clorotetraciclina y cloramfenicol), un indicador de fosfatos (BCIP), agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador que facilita el recuento (Cajilima, 2014).

Almacenamiento

Las bolsas de las placas Petrifilm se debe guardar “refrigeradas o congeladas sin abrir a <math><8^{\circ}\text{C}</math>”. Antes del uso, se debe dejar las bosas cerradas a temperatura ambientes. Las placas de Petrifilm 3M que no fueron usadas reselle y guarde en un congelador por un tiempo máximo de 1 mes. No utilice las placas que presenten una decoloración, no utilice las placas después de la fecha de vencimiento (3M PETRIFILM™, 2015).

Preparación de la Muestra

La preparación de la muestra se realizó según la ficha técnica de las Placas 3M Petrifilm™

1. Se preparó las diluciones de la muestra, utilizando “diluyentes estériles apropiados como Solución amortiguadora de fosfato Butterfield, agua peptonada al 0,1%, diluyente de sal peptonada, solución salina (0,85 a 0,90%) y agua destilada”. No se debe utilizar diluyentes

que contengan citrato en Placas 3M Petrifilm; ya que estos pueden inhibir el crecimiento microbiológico (PETRIFILM, 2015)

2. Mezcle la muestra.

Inoculación de las Placas

1. Se colocó la placa 3M Petrifilm sobre una superficie plana y nivelada
2. Se levantó cuidadosamente la película, con una pipeta colocando 1 ml de muestra en el centro de la película.
3. Baje con cuidado la película superior
4. Presione ligeramente el centro de la placa utilizando el difusor plástico 3M™ Petrifilm™ para mohos y levaduras
5. Se retiró el difusor de plástico y se dejó la placa quieta por un tiempo de 1 minuto.

Incubación

1. “Se incubo 5 días las Placas 3M Petrifilm en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba” (3M PETRIFILM™, 2015).

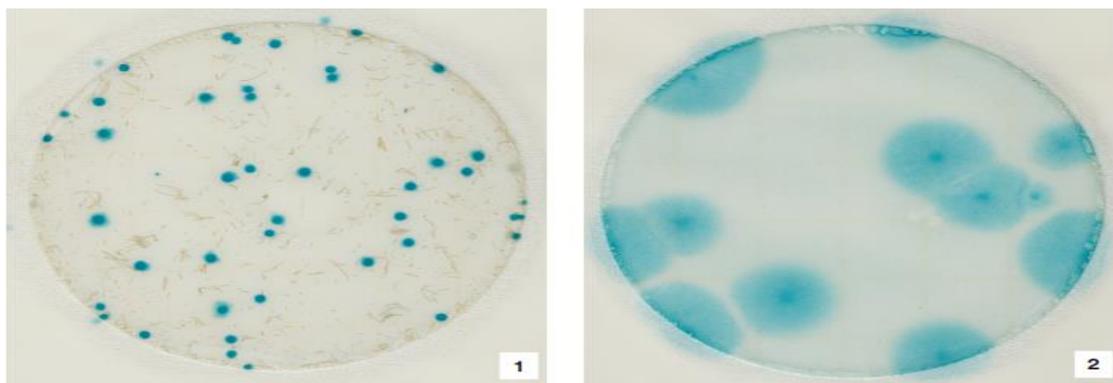
Interpretación

1. Las Placas 3M Petrifilm pueden contarse usando un contador de colonias estándar u otra lupa iluminada.
2. Para la diferencia de colonias de mohos y levaduras considere las siguientes características como indica en la figura 2 y tabla 2 (3M PETRIFILM™, 2015).
3. Lea los resultados finales para mohos y levaduras en el día 5. Si existe una sobre población. Registre el recuento del tercer día como recuento aproximado.
4. El área de crecimiento circular es de aproximadamente 30 cm².

5. Si se necesita un recuento más preciso, repita la prueba en la muestra con siembras más diluidas.

Figura 2:

Comparación de colonias de levaduras y mohos



Nota: (Obregon, 2017)

En la figura 2, imagen 1 se observa las colonias de levadura y en la imagen 2 de mohos

Tabla 2:

Comparación de colonias de levaduras y mohos

Levaduras	Mohos
Colonias pequeñas	Colonias grandes
Las colonias tienen bordes definidos	Las colonias tienen bordes difusos
De color canela rosado a verde azulado	Color variable
Las colonias parecen elevadas (3 dimensionales)	Las colonias aparecen planas
Las colonias son de color uniforme	Las colonias tienen un centro oscuro

Nota: (Obregon, 2017)

2.1.4. Características Fisicoquímicas

2.1.4.1. Grados Brix.

Según Larrosa (2020) indica la cantidad total de azúcar disuelta en un líquido. Una solución de 20 °Brix tiene 20 gr. de azúcar en 100 gr. de muestra diluida, es decir, hay 20 gr. de azúcar y

80 gr. de agua en 100 gr. de solución. La escala de °Brix normalmente se utiliza en la elaboración de zumo de fruta (Equipos et al., 2022).

Los instrumentos utilizados son:

- Refractómetro
- Sacarímetro

Los sólidos solubles de la bebida de fruta dependerán de la acidez de la fruta por ejemplo para una fruta con alta acidez que es la acidez natural mínima de 0.4%, expresada en su equivalencia a ácido cítrico anhidro, el aporte mínimo será de 5% de sólidos solubles de la fruta (NTP 203.110, 2009)

Sólidos solubles por lectura (°Brix) a 20°C: Mínimo 12 % y Máximo 18%

2.1.4.2. pH.

“Es la medida de acidez o de alcalinidad de las sustancias que por medio de la concentración de los iones de hidrogeno nos indica que tan acida o alcalina es una sustancia”. La escala de pH tiene valores de 0 a 14 donde: pH menor a 7 se considera una sustancia acida y pH mayor a 7 será base o alcalina (Es Ciencia, 2021).

Formas de medir el pH

- Indicador de pH
- Tiras de pH
- Potenciómetro o pH metro

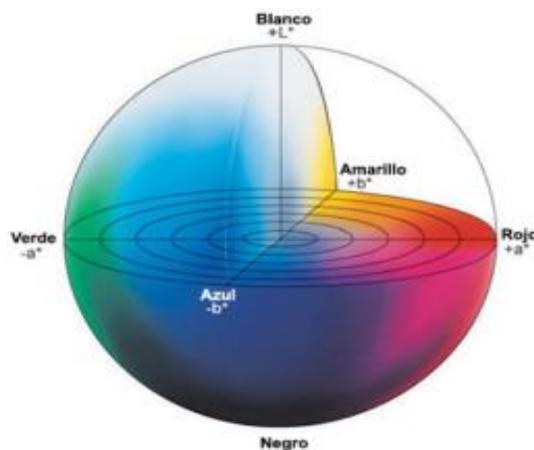
2.1.4.3. Color.

Según Morató (2008) es uno de los parámetros que determina la calidad de un producto y es la primera impresión que se percibe.

Espacio cie $L^*a^*b^*$

Hoy en día es uno de los espacios de color más popular y usado para apreciar el color en industrias alimentarias. Su uso en industrias alimentarias es de mucha importancia porque correlaciona la percepción visual humana con valores numéricos de color. (Chiralt et al., 2007).

Según Minolta (1998) “es un sistema cartesiano formado por tres ejes como: eje vertical (L^*) y 2 ejes horizontales (a^* y b^*)”.



Donde:

L^* = es la luminosidad varía desde 0 para un color negro hasta 100 para color blanco.

a^* = coordenadas rojo/verde, donde el signo positivo indica color rojo y si es negativo indica color verde.

b^* = coordenadas amarillo/azul, donde el signo positivo indica color amarillo y negativo indica color azul.

a) Fundamentos para Describir el Color de un Alimento

El color de los alimentos se debe describir en función a los 3 atributos de color como la luminosidad, tonalidad y pureza de color. Los atributos descritos pueden obtenerse a partir de los valores de $L^*a^*b^*$, como se presenta en las siguientes ecuaciones (Gilabert, 2007).

$$\text{Luminosidad} = L^*$$

$$\text{Tonalidad} = h^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

$$\text{Pureza} = C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Donde:

h^* = ángulo que mide la tonalidad, indica la orientación relativa del color respecto al origen 0° .

C^* = croma (mide la pureza, saturación de un color), se mide desde el punto central.

b) Fundamento para Determinar la Diferencia de Color

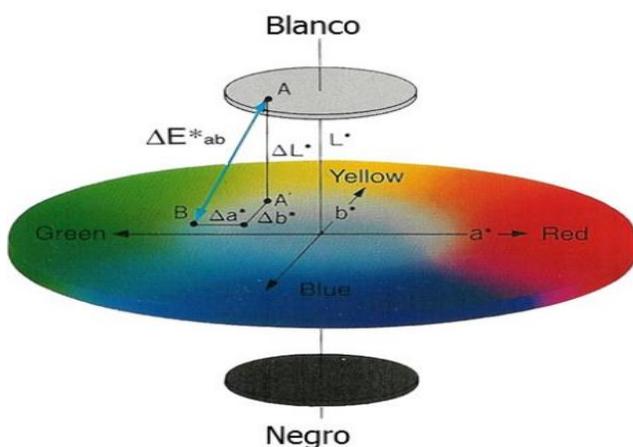
Para diferenciar el color de 2 objetos o alimentos, podemos diferenciar por el color que hay en cada atributo o ver la diferencia global de color (ΔL^* , Δh^* y ΔC^*).

$$\Delta L^* = L^*_{\text{muestra}} - L^*_{\text{referencia}}$$

$$\Delta h^* = h^*_{\text{muestra}} - h^*_{\text{referencia}}$$

$$\Delta C^* = C^*_{\text{muestra}} - C^*_{\text{referencia}}$$

Con la siguiente figura se puede determinar la diferencia entre una muestra y una referencia.



$$\Delta L^* = L^*_m - L^*_{\text{ref}}$$

$$\Delta a^* = a^*_m - a^*_{\text{ref}}$$

$$\Delta b^* = b^*_m - b^*_{\text{ref}}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Instrumentos de Medida

- **Colorímetro:** es un método físico usado para determinar el color de una o varias muestras, que describe de forma cuantitativa la coloración, existen diferentes modelos propuestos por (Lana et al., 2006; Mendoza et al., 2006; Carreño et al., 1995).

2.1.5. Evaluación Sensorial

Según IFT (instituto de alimentos de Estados Unidos) se define “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, gusto, tacto, olfato y oído” (Hernández, 2005). Evaluación sensorial, también llamada análisis sensorial es un conjunto de técnicas el cual ayuda en la determinación de la aceptabilidad de los productos, desarrollar, optimizar y realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, el catador integra todas las características sensoriales como: textura, apariencia, color y sabor. (Hernández, 2005)

Según Liria (2007) “nos proporciona información sobre la calidad de los productos o alimentos evaluados y la aceptabilidad por parte de los consumidores”. La aplicación de pruebas sensoriales en la industria de alimentos se clasifica en: pruebas discriminativas, pruebas descriptivas y pruebas afectivas. (Hernández, 2005)

2.1.5.1. Pruebas Afectivas.

Según Liria (2007) las pruebas afectivas están orientadas a los consumidores donde ellos determinan la aceptabilidad, “preferencia y grado de satisfacción de un producto alimenticio”.

Para esas pruebas se trabajan con personas no entrenadas ni seleccionadas, las que constituyen los denominados “jueces afectivos”. Estas pruebas se pueden llevarse a cabo en escuelas, supermercados, plazas, etc. Ahora, los resultados que se obtienen del análisis sensorial permiten conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos, por lo que es importante que los panelistas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles (Espinosa, 2007). Es así, la prueba de satisfacción se divide en: escala hedónica verbal y escala hedónica facial.

Escala hedónica Verbal

Según Hernández (2005) “las escalas hedónicas son instrumentos de medición del grado de satisfacción de un producto determinado”.

Según UPAEP (2014) “se utiliza para medir el nivel de agrado de un alimento, puede aplicarse para probar preferencia o aceptación, para ello se usa la escala hedónica de 9 puntos, o variaciones de esta, hasta un mínimo de 5 puntos y se requiere un mínimo de 30 jueces, quienes pueden ser: consumidores habituales o potenciales sin entrenamiento en técnicas sensoriales”.

Las fichas técnicas empleadas para el análisis sensorial deben ser claras y precisas, además debe ser fácil de responder y con impresión legible, para evitar fatiga en los jueces (Espinosa, 2007).

a. *Ventajas*

- ❖ La escala es entendible para los consumidores
- ❖ La escala hedónica puede ser por atributo
- ❖ Obtención de respuestas con más información
- ❖ Requiere de una mínima introducción

El análisis estadístico se puede realizar con el método de los rangos de Tukey o con el ANOVA clásico (Espinosa, 2007).

b. *Casos en los que se aplica*

- ❖ Igualar o mejorar productos de competencia
- ❖ Preferencia del consumidor
- ❖ Desarrollo de nuevos productos.

2.1.6. Bebida Tipo Néctar

Es una bebida que se obtiene mediante la dilución con agua, con adición de ingredientes y aditivos permitidos por el Codex Alimentarius y es un líquido sin fermentar, pero fermentable. (NTP 203.110, 2009)

2.1.6.1. Insumos para la Elaboración de Bebidas Frutadas.

Agua

El agua que se utilizara para la elaboración de néctares debe de satisfacer como mínimo los requisitos generales que garantice que esta sea apta para el consumo humano (Reglamento, 2005).

Azúcar

Las bebidas y los néctares muchas veces contienen 2 tipos de azúcares como: la azúcar blanca o rubia que se incorpora adicionalmente y azúcar natural aportado por la fruta. El dulzor característico de los néctares depende de la adición del azúcar. El azúcar más recomendado para la elaboración de néctares y bebidas es la azúcar blanca, el cual no tiene coloración oscura, presenta pocas impurezas, también contribuye en la conservación del color, aroma natural de la fruta y sabor característico del néctar (Reglamento, 2005).

Acidificantes

El pH final debe de estar entre 3.3 - 4.0 en los néctares y bebidas, la mayoría de los néctares no alcanzan este pH, es por esta razón se adiciona ácidos orgánicos para ajustar la acidez de producto. La acidez no solo le da el sabor al producto, su finalidad también es dar un medio que impida el desarrollo de los microorganismos (Salas, 1974)

Para regular el pH se puede utilizar zumo de limón que es el acidificante natural y el ácido cítrico comercial. Normalmente en la industria de néctares se usa el ácido cítrico (Coronado et al., 2001).

Estabilizante

Los estabilizantes tienen la propiedad de mantener suspendida las partículas de manera homogénea, evitando así la sedimentación y aumentando la viscosidad del producto (Iriarte, 1987).

Para la elaboración de bebidas como el néctar el estabilizante más usado es el carboximetil celulosa (CMC). La razón del uso en las industrias alimentarias del estabilizante es que presenta un amplio rango de viscosidad, estables a rangos de pH bajo y forma geles claros (Carbonel, 1973).

Conservantes

Dentro de la industria alimentaria especialmente de los néctares se usa más el ácido ascórbico ya que disminuye el desarrollo y reproducción de microorganismos (Salas, 1974).

2.1.6.2. Elaboración de Néctar.

El proceso de producción de néctar de frutas comienza con la selección de la fruta, seguida por su pesado y lavado. Luego, la fruta pasa por una fase de escaldado, pelado y pulpeado, para ser posteriormente refinada el zumo. Una vez refinada, pasa al proceso de estandarización donde se añaden agua, azúcar, ácido cítrico, CMC y Benzoato de Sodio; seguidamente se realiza la homogenización, que implica la dilución de la pulpa y el ajuste de azúcar, Brix, pH, así como la adición de estabilizante y conservante. Tras estas etapas, el producto se pasteuriza, se envasa, se enfría y se etiqueta. Finalmente, el néctar de frutas se almacena, completando así el proceso de producción. Cada etapa es crucial para garantizar la calidad y seguridad del producto final, asegurando que el néctar de frutas cumpla con los estándares requeridos antes de llegar al consumidor (Coronado et al., 2001)

Calidad de la Bebida Tipo Nectar.

Según Instituto Nacional de Defensa de la Corporación y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 1971) refiere que el néctar y bebida elaborada a base de frutas como todo alimento para consumo humano debe ser elaborada con máxima medida de higiene para asegurar la calidad y no se ponga en riesgo la salud de los consumidores.

Según (NTP 203.111:2021) Requisitos de Calidad de la Bebida Tipo Nectar:

- El agua utilizada para la elaboración debe cumplir con lo estipulado en la legislación nacional vigente para agua potable
- Se puede adicionar aditivos de acuerdo a los códigos normativos vigentes
- Las bebidas deben tener olor, sabor característico y color uniforme.
- La bebida debe ser inocuo, libre de microorganismos patógenos.
- La conservación de la bebida se puede lograr a través de tratamiento térmico, por medios químicos, físicos, u otros según se requiera.
- Los envases utilizados deben ser de primer uso que aseguren la inocuidad y preservación del producto durante el almacenamiento, transporte y expendio.
- Las condiciones de almacenamiento deben ser adecuadas, donde se debe controlar la temperatura y la humedad del ambiente.
- El rotulado debe cumplir la legislación nacional vigente o según la NTP 209.038.

Características Microbiológicas

Tabla 3:

Requisitos microbiológicos de bebidas no carbonatadas

Agente microbiano	Categoría	Clases	n	c	Limite por mL	
					m	M
Aerobios mesofilos	2	3	5	2	10	10 ²
Mohos	2	3	5	2	1	10
Levaduras	2	3	5	2	1	10
Coliformes	5	2	5	0	< 3	-----

Nota: R.M. N°591-2008/MINSA (NTP 203.110:2022)/NTS N°071-MINSA/DIGESA-V.01

2.1.7. Mashua Negra

“La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo alto andino que se encuentra en 4to lugar en importancia en la región de los andes después de la papa, la oca y el olluco, La mashua es un cultivo de alta sierra, por ello se encuentra distribuida en Ecuador, Perú y Bolivia”. En el Perú se encuentran principalmente en Ayacucho, Cajamarca, Huancayo, Cusco y Puno. (CIP, 2013).

“Los tubérculos de la mashua, son menos variables en su forma y color, su color es bastante variado, y la mayoría tiene color amarillo y negra” (Tapia, 1990).

La mashua en comparación con otros tubérculos como la oca, la papa y el olluco, tienen alto contenido de antocianinas, capacidad antioxidante y carotenoides, estas características hacen que la mashua sea un cultivo de gran potencial. (Arias, 2011; Campos et al., 2006)

2.1.7.1. Composición Química.

Los tubérculos de mashua se han caracterizado por poseer un alto valor nutricional, y esto hace una diferencia significativa de otros tubérculos, la mashua tiene un elevado contenido de glucosinolatos aromáticos que estos al ser hidrolizados se convierten en isotiocianatos, este

compuesto es el responsable del sabor picante de la mashua, también son conocidos por sus propiedades antibióticas, insecticidas, nematicidas, anticancerígenas y diurética (Manrique et al., 2013).

2.1.7.2. Capacidad Antioxidante de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

Contenido de Compuestos Fenólicos Totales

En los tubérculos de mashua, el contenido de compuestos fenólicos totales, están en un rango de 0.92 a 3.37 mg g-l. los genotipos de ARB-541, DP-02-24 y AGM-5109 el contenido de compuestos fenólicos es alto con 3.37; 3.05 Y 2.75 mg g-l. También indica que la mashua de color purpura presenta un alto contenido de compuestos fenólicos totales, mientras que en otros genotipos de mashua de color amarillo presentaron un bajo contenido de compuestos fenólicos totales. (Campos et al., 2006)

Antocianinas Totales

“Las antocianinas totales del genotipo de la mashua pigmentada se encontraron en un rango de 0.5 a 2.05mg g-l. las antocianinas totales de los tubérculos de mashua parece tener un componente significativo de compuestos fenólicos totales más que todo en los genotipos pigmentados” (Campos et al., 2006).

2.1.8. Piña

La piña (*Ananas comosus* L.) pertenece a la familia de las Bromeliáceas, es una fruta que se caracteriza por su apariencia herbácea. Es de un clima ecuatorial y tropical húmedo, algunas variedades se adaptan a climas tropicales secos. (Sobrado, 2019)

Para obtener una mejor calidad de frutos crecen a 300 y 900 msnm. Su temperatura ideal es de 25°C y poca variación de día y de noche y una pluviosidad de 1500 a 2000 mm bien distribuidos en todo el año. (Sobrado, 2019).

2.1.8.1. Composición Nutricional.

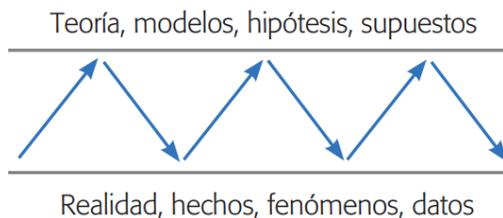
La piña, tiene un alto contenido en agua, en estado maduro y aporta alrededor de 11g/100g de hidratos de carbono. En cuanto a los minerales, destacan K, Mg, Cu y Mn. Las vitaminas más abundantes en la piña son la vitamina C y, en menor cantidad, la tiamina y la Piridoxina. (Santiago et al., 2018).

2.1.9. Diseño de Experimentos (DDE)

La DDE es un conjunto de métodos activos y/o es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, en el sentido de que este se “manipula” para que genere la información que se requiere para su mejoría. Es así, el DDE consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, generen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación (Gutierrez et al., 2008).

Según George (2000) “la experimentación es el mecanismo para hacer que la naturaleza hable de manera intangible”. Para ello, “es necesario diseñar los experimentos para facilitar la comprensión de la respuesta o mensajes implicados en los datos obtenidos”. Es así, el análisis estadístico de datos está sujeto al tipo de diseño utilizado, entonces el diseño y el análisis no pueden ir separados en una investigación (Fernandez, 2020).

Según Gutierrez et al., (2008) el objetivo de los métodos estadísticos es lograr que el proceso genere conocimientos y aprendizaje y sea lo más eficiente posible, como se describe en la figura 3.

Figura 3:*Proceso interactivo de la experimentación*

Nota: (Gutierrez et al., 2008).

En la figura 3 se puede observar una interacción de dos polos, así como indica (Box et al., 1978), una Ho lleva a un proceso de deducción en el que las consecuencias derivadas de la hipótesis pueden ser comparadas con los datos experimentales. Mientras que el proceso inductivo se dice cuando los resultados y los datos no corresponden, entonces la hipótesis original se modifica. De esa forma inicia un 2do ciclo de la interacción teoría y datos (Gutierrez et al., 2008).

2.1.9.1. Diseño Factorial.

Según Gutierrez et al., (2008) el diseño experimental estudia el efecto individual e interacción de varios factores sobre varias o una respuesta.

Los factores pueden ser:

Cualitativo: Sus niveles toman valores discretos o de tipo nominal. Ejm: lotes, maquinas, marcar, entre otros.

Cuantitativo: Sus niveles de prueba pueden tomar cualquier valor dentro de cierto intervalo. La escala es continua, por ejemplo: velocidad, temperatura, presión, entre otros.

A. Arreglo Factorial (Matriz de Diseño)

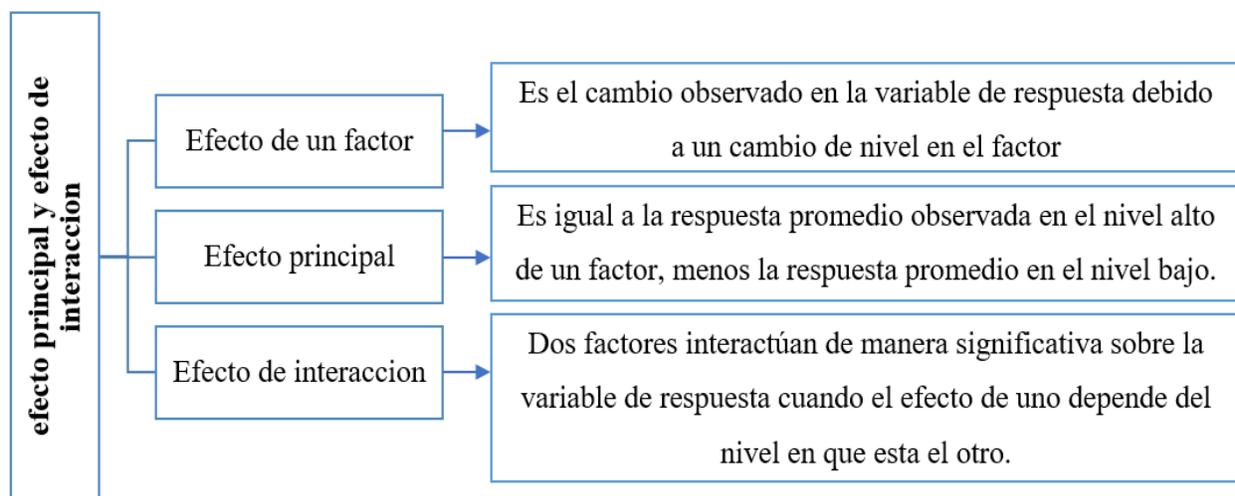
Según Gutierrez et al., (2008) “es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse al considerar todas las combinaciones de los niveles de los factores”.

Ejemplo: $k = 2$ factores, ambos con 3 niveles, entonces se puede construir 2×3 combinaciones que dan lugar al diseño factorial de 2×3 . Es así, el nombre del diseño factorial va

implícito al número de tratamientos que lo componen. Para obtener el número de corridas experimentales se multiplica el número de tratamientos por el número de réplicas (Gutierrez et al., 2008).

Figura 4:

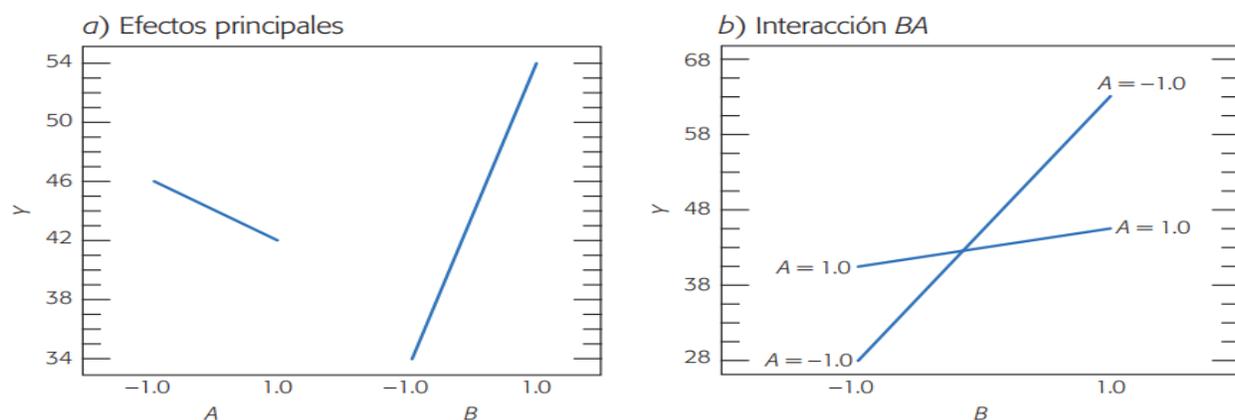
Efectos principales y efectos de interacción

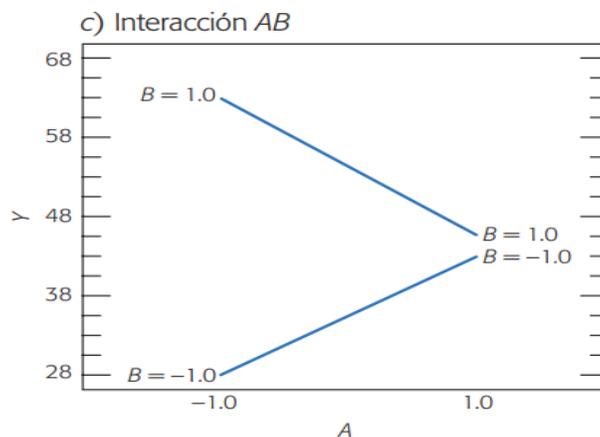


Nota: (Gutierrez et al., 2008).

Figura 5:

Gráficas de interacción: el efecto del incremento de B sobre Y es diferente dependiendo del nivel de A, y viceversa.





Nota: (Gutierrez et al., 2008)

B. Modelo Estadístico

El modelo estadístico para este tipo de efectos esta diseña de la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

μ = media general

α_i = Efecto debido al i – esimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j – esimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interaccion en la combinacion ij

ε_{ijk} = Error aleatorio

Tabla 4:

ANOVA para el diseño factorial $a \times b$

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F₀</i>	<i>Valor-p</i>
<i>Efecto A</i>	SC_A	$a - 1$	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0^A)$
<i>Efecto B</i>	SC_B	$b - 1$	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0^B)$
<i>Efecto AB</i>	SC_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0^{AB})$
<i>Error</i>	SC_E	$ab(n - 1)$	CM_E		
<i>Total</i>	SC_T	$abn - 1$			

Nota: (Gutierrez et al., 2008)

C. Ventajas

- Pueden utilizarse en combinaciones con diseños de bloques en situaciones en las que no puede correrse todo el diseño factorial bajo las mismas condiciones.
- Permite estudiar el efecto individual y de interacción de los distintos factores

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Mashua Negra (*Tropaeolum tuberosum*)

Es un tubérculo alto andino es conocida también como: “añu”, “isaño” o “cubio”.(Tapia, 1990).

2.2.2. Piña (*Ananas comosus* L.)

Es una fruta cítrica que se caracteriza por su apariencia herbácea. (Sobrado, 2019).

2.2.3. Bebida Tipo Nectar

Se obtiene mediante la dilución de un jugo de fruta con agua, adición de ingredientes y aditivos permitidos por el Codex Alimentarius y es un líquido sin fermentar, pero fermentable. (NTP 203.110, 2009).

2.2.4. Ultrasonido

Es un equipo, considerado como una tecnología emergente, el ultrasonido disminuye la concentración de microorganismos e inhibe la actividad enzimática a través de la cavitación. (Delgado, 2012).

2.2.5. Microorganismo

Según Mayoral et al., (2018) “son seres vivos pequeños que no se puede ver a simple vista y se emplean equipos especializados como son los microscopios. Es así, los estudios realizados pertenecen a grupos biológicos como lo son las algas, protozoarios, hongos y bacterias”.

2.2.6. Mohos

Es un hongo muy pequeño que se encuentra tanto al aire libre como en interiores, es decir, se cría en la superficie de ciertos cuerpos orgánicos (Reina, 2018).

2.2.7. Levaduras

Son un tipo de hongos muy pequeños, unicelulares que se reproducen por germinación o por fisión binaria, que solo pueden verse por medio de un microscopio (Reina, 2018).

2.2.8. Inactivación Microbiología

Es la inactivación o destrucción de microorganismos en forma exponencial, siguiendo el comportamiento cinético de una reacción de primer orden (Medina et al., 2016).

2.2.9. pH

Es la medida de concentración de los iones de hidrogeno donde nos indica la alcalinidad o basicidad de una sustancia (Es Ciencia, 2021).

2.2.10. °Brix

Es la cantidad de sacarosa, solidos solubles concentrado en líquidos (Interiano, 2015).

2.2.11. Color

Es la percepción visual o sensación de tono, saturación y claridad inducida, producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales (RAE, 2022).

2.2.12. Análisis Sensorial

Es la ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos (INACAL, 2022).

CAPITULO III MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos instituciones. Primero, en los laboratorios de Control de Calidad y de Investigación e Innovación de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Filial Sicuani, perteneciente a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), ubicada en la Av. Arequipa N° 150, distrito de Sicuani, a una altitud de 3548 msnm, con coordenadas de 14° 30' a 14° 56' latitud Sur y 71° 24' a 71° 39' longitud Oeste, en la provincia de Canchis, departamento de Cusco.

De otra parte, el estudio se realizó en los laboratorios de Propiedades Físicas, Control de Calidad y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), ubicada en la Av. 28 de Julio N° 1103, distrito de Santa Rosa, Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac, a una altitud de 2820 msnm, con coordenadas de 13° 39' latitud Sur y 73° 23' longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

3.2. Tipo de Investigación

Es aplicada, cuantitativa y experimental. Aplicada porque se evidencia que el equipo ultrasonido posee la función de inactivar microorganismos y conserva los atributos organolépticos, experimental debido a que se manipularon las frecuencias y tiempos de exposición del tratamiento, cuantitativo debido a que se evaluó los resultados, utilizando instrumentos y/o equipos.

3.3. Unidad del Análisis

- Esta referida a la exposición de diferentes frecuencias y tiempos de exposición ultrasónicos de la bebida de mashua negra y piña, de los cuales se evaluó la inactivación microbiológica Log (UFC/ml), aceptabilidad y características fisicoquímicas.

3.4. Población de Estudio

La población está representada por 3.8 litros de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) sometido por ultrasonido.

3.5. Tamaño de Muestra

Se realizó un muestreo no paramétrico por conveniencia utilizando todos los elementos disponibles (anteriores), para los tratamientos ultrasónicos se utilizó 200 ml de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)

3.6. Técnicas de Recolección de Información

3.6.1. Materiales, Instrumentos y Equipos

Las materias primas, insumos, materiales, instrumentos y equipos que se utilizaron para la presente investigación se detallan de la siguiente:

Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) proveniente del distrito de Langui, provincia de Canas del departamento de Cusco y Piña (*Ananas comosus* L.) proveniente del distrito de Cosñipata, provincia de Paucartambo del departamento de Cusco. Para la elaboración de la bebida se utilizó insumos: Azúcar blanca, CMC (carboximetil celulosa) y Ácido cítrico. Los materiales, instrumentos, equipos, disolventes y reactivos empleados se detallan en la tabla 5.

Tabla 5:*Materias primas, materiales, instrumentos, equipos, reactivos y disolventes*

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA
	Mashua negra (pigmento)	s/m
	Piña variedad Golden (Zumo de piña)	s/m
	CMC (carboximetil celulosa)	adilam
	Ácido cítrico	adilam
	Azúcar	Casa grande
MATERIALES		
04 Und.	Vaso precipitado de 100 ml	Fortuna
02 Und.	Vaso precipitado de 250 ml	Fortuna
01 Und.	Vaso precipitado de 1000 ml	Fortuna
02 Und.	Bureta de 10 ml	Vrm
10 Und.	Placa Petri	Fortuna
57 Und.	Tubos de ensayo de 10 ml	Fortuna
57 Und.	Pipetas de 10 ml	Fortuna
01 Und.	Tamiz de 100 μ m	s/m
02 Und.	Balón de 250 ml	Giardino
02 Und.	Gotero	s/m
19 Und.	Envases de Vidrio de 200 ml	s/m
3 Und	Mechero	s/m
INSTRUMENTOS Y EQUIPOS		
01 Und.	Colorímetro CR-400HS	Konica-Minolta
01 Und.	Ultrasonido de 40 kHz	BAANDELIN

01 Und.	Ultrasonido de 28 kHz	BAANDELIN
01 Und.	Horno Microondas	MS1260WD
01 Und.	Incubadora CLW 32	POL-EKO
01 Und.	Rota vapor	Brennpunkt
01 Und.	Estufa de secado	ESCO Isotherm
01 Und.	Contador de colônias digital	Scan® 100
01 Und.	Potenciómetro	Benchtop Meter Bundles
01 Und.	Refractómetro Digital Portátil	LUZEREN
01 Und.	Balanza analítica HR-250 ^a	A&D
01 Und.	Balanza electrónica PS-70 I	Patrick
01 Und	Licuadaora BLST4655-053	Oster
01 Und	Extractor de frutas JEB176	Imaco

REACTIVOS Y DISOLVENTES

3 Lt	Alcohol de 96°	AlkoFarma
50 Und	Petriefilm™ 3M	3M
200 ml	NaClO al 4 %	Clorox
2 Lt	Agua estéril	BIBRAUN
2 Lt	Agua destilada	AlkoFarma

OTROS

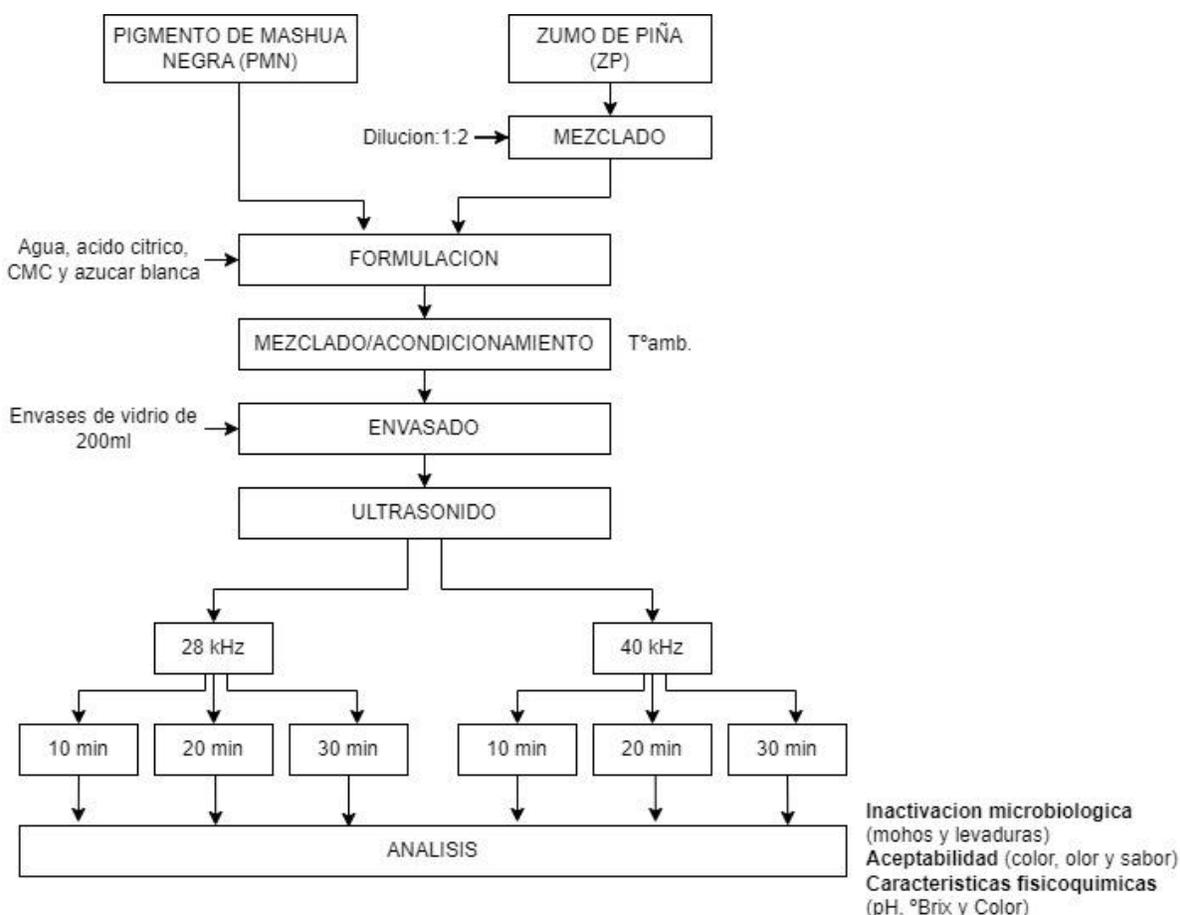
1 Und	Mesa de trabajo	Madera
100 Und	Etiqueta	s/m
10 Paq	Papel tissu	Elite
1 Paq	Bolsa de plástico	Bolsa de polietileno
4 Und	Bandeja	Acero inoxidable
	Equipo de protección personal	
2 personal	(EPP)	s/m

10 und	Guantes de nitrilo	s/m
2 Und	Tijera	s/m
2 Und	Laptop	Lenovo y toshiba
01 Und	Cuaderno de apunte	Surco
02 Und	Celular	sansung
02 Und	Lapicero	Faber Castell

3.6.2. Metodología para la Elaboración de la Bebida de Mashua Negra (*Tropaeolum tuberosum*) y Piña (*Ananas comosus* L.)

Figura 6:

Diagrama de bloque para determinar las variables de estudio de la bebida de Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) asistida por ultrasonido.



Ya obtenida el pigmento de mashua negra de acuerdo al diagrama de bloque de la figura 27 (Anexo 1) y siguiendo el procedimiento de la figura 25 y 26 (Anexo 1) descrita para la obtención del zumo de piña, después se siguió el procedimiento de la figura 6; se realizó el mezclado del zumo de piña con agua (dilución de 1:2). En esta etapa se realizaron cálculos para el ácido cítrico, azúcar, pigmento de mashua negra y CMC. EL Mezclado y acondicionamiento consistió en mezclar el zumo de piña ya diluida, insumos y pigmento de mashua negra de acuerdo con lo

formulado. También se realizó correcciones de pH y °Brix, para el envasado se procede a tomar 200 ml de la bebida de mashua negra y piña; y envasar en envases de vidrios. Para el Ultrasonido se sometió a 2 frecuencias ultrasónicas de 28 kHz y 40 kHz por diferentes tiempos de exposición 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos para cada frecuencia ultrasónica. El análisis se realizó con respecto a la inactivación microbiológica (mohos y levaduras), aceptabilidad (color, olor y sabor) y características fisicoquímicas (pH, °Brix y color) de la bebida de mashua negra con piña.

3.6.3. Metodología para Determinar la Inactivación de Mohos y Levaduras

Para el análisis microbiológico en mohos y levaduras, se sometió a dos frecuencias ultrasónicas de 28 y 40 kHz por tres tiempos 10; 20 y 30 min en el quinto día se realizó el recuento; se consideró T0 como la muestra patrón, dicha muestra no será sometida a ningún tratamiento y su recuento se realizó el mismo día de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña. El recuento de mohos y levaduras se realizó en Placas 3M Petrifilm™ para mohos y levaduras. Para la interpretación de los datos se realizó según su ficha técnica. Las placas 3M Petrifilm™ tienen una certificación ISO 9001. Y la marca está registrada en el AOAC INTERNATIONAL.

1º Preparación de los Materiales e Instrumentos.

- Primero se lavó con hipoclorito de sodio al 4 %, enseguida se esterilizo (115 °C por 1 hora) las pipetas y tubos de ensayo.
- Se creó un medio estéril, empezando con la desinfección de todos los materiales (mesa de trabajo, tijeras, marcador, etc) con hipoclorito de sodio 4 %. Ya teniendo todos los materiales e instrumentos se procedió a prender los mecheros con alcohol de alta pureza con un tiempo de anticipación de 2 horas.

2^{do} Preparación de la Muestra.

- **Preparación para la Dilución**

Se tomó 9 ml de agua estéril para cada tubo de ensayo, para ello se utilizó jeringas de 5 ml.

Con una pipeta se extrajo 1 ml de muestra preparada (bebida de mashua negra y piña) y se hizo las diluciones en 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} es así, se introdujo 1 ml de muestra preparada al primer tubo de ensayo contenido de 9 ml de agua estéril (10^{-1}) se mezcló la muestra. Del primer tubo de ensayo se extrajo 1 ml de muestra diluida y se sumergió en 9 ml de agua estéril (10^{-2}), Se siguió el mismo procedimiento (10^{-3}). Este método es replicado para todas las muestras (6 tratamientos con 3 réplicas) y la muestra de control.

3^{ro} Inoculación de las Placas.

Se colocaron las Placas 3M Petrifilm YM sobre una superficie nivelada y plana. Seguidamente se levantó la película superior y se colocó 1 ml de la muestra diluida (10^{-3}) en el centro de la película inferior de la placa Petri film 3M, en seguida se baja la película superior sobre la muestra, luego se coloca el difusor de plástico para mohos y levaduras en el centro de la placa, se presiona ligeramente el centro del difusor para distribuir homogéneamente la muestra, una vez distribuida se retiró el difusor y se dejó la placa quieta por un minuto para que se forme el gel.

4^{to} Incubación de las Placas.

Las muestras se incubaron en una Incubadora Modelo CLW 32 a una temperatura de 25°C durante 3 días en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba.

5^{to} Interpretación.

Para el recuento de mohos y levaduras en las Placas 3M Petrifilm YM se utilizó un Contador de colonias digital Scan® 100. El recuento se realizó después del tercer día de almacenamiento.

3.6.4. Metodología para Determinar la Aceptabilidad de la Bebida

Para la determinación de la aceptabilidad se utilizó el Método de Análisis sensorial y se utilizó escala hedónica verbal de pruebas afectivas el cual está orientada a los consumidores donde ellos determinan la aceptabilidad, preferencia y grado de satisfacción de un producto alimenticio. Para ello se utilizó la escala hedónica verbal de 5 puntos según (Hernández et al., 2014; Guil, 2006).

Tabla 6:

Escala hedónica verbal de 5 puntos

Puntaje	Calificación
5	Me gusta mucho
4	Me gusta ligeramente
3	No me gusta, ni me disgusta
2	Me disgusta ligeramente
1	Me disgusta mucho

Nota: (Hernández et al, 2014; Guil 2006).

Procedimiento

Para la aceptabilidad de la bebida de mashua negra y piña se trabajó con estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNSAAC, previamente se les dio una capacitación.

La muestra fue presentada en un vaso transparente de capacidad aprox. de 15 ml y junto a ello se les dio un vaso con agua. Las muestras presentadas fueron a temperatura ambiente en el cual los estudiantes hicieron la degustación de la bebida de mashua negra y piña (Hernández, 2005)

3.6.5. Metodología para Determinar las Características Fisicoquímicas

3.6.5.1. Determinación del pH.

Para la determinación del pH se utilizó el Método de Potenciométrico utilizando potenciómetro marca Benchtop Meter Bundles, posteriormente se introdujo el potenciómetro en

la muestra tratada por ultrasonido y la muestra control, se esperó 1 min para su lectura. Antes del uso del potenciómetro se calibro con su solución buffer. (AOAC 981.12, 2005).

3.6.5.2. Determinación de los Grados °Brix.

Para la determinación de °Brix se utilizó el Método de Refractómetro Digital Portátil marca LUZEREN modelo REF120 escala de 0-35 °Brix, a una temperatura de 18 °C. Antes del uso del refractómetro se calibro con agua destilada en el área del muestreo verificando que nos indique 0. Después se colocó 1 gota de la bebida de mashua negra y piña (AOAC 931.12, 2005).

3.6.5.3. Determinación del Color.

El color se determinó a través del Sistema CIELAB, utilizando un Colorímetro marca Kónica-Minolta modelo CR-400HS, las muestras fueron colocadas en placas Petri y se llenó para evitar la reflexión, enseguida se colocó sobre esta el colorímetro para su respectiva lectura (Vásquez, 2015).

3.7. Identificación de Variables e Indicadores

La investigación de la bebida de mashua negra y piña se realizó de acuerdo al esquema experimental de la figura 7:

Variables Independientes:

- Frecuencia ultrasónica
- Tiempo Exposición

Variables Dependientes:

- Inactivación microbiológica
- Aceptabilidad
- Características fisicoquímicas

Figura 7:

Esquema experimental para el estudio de la bebida de mashua negra y piña.

VARIABLES INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
<p>Frecuencia Ultrasonica (28 kHz y 40 kHz)</p> <p style="text-align: center;">ULTRASONIDO</p> <p>Tiempo de exposición (10 min; 20 min;30 min)</p>	<p>Inactivación microbiológica</p> <p>☉ Mohos (UFC/ml)</p> <p>☉ Levaduras (UFC/ml)</p> <p>Aceptabilidad</p> <p>☉ Color</p> <p>☉ Sabor</p> <p>☉ Olor</p> <p>Características fisicoquímicas</p> <p>☉ pH</p> <p>☉ °Brix</p> <p>☉ Color</p>

Variables no controladas: Humedad ambiental, temperatura ambiental, presión atmosférica

3.8. Operacionalización de Variables

La operacionalización de las variables se describe en la tabla N° 7 de la siguiente:

Tabla 7:

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
VARIABLES INDEPENDIENTES					
Frecuencia ultrasónica	Magnitud física que expresa los ciclos que se producen por unidad de tiempo	Se utilizó dos baños de ultrasonido con frecuencias cada una de 28 kHz y 40 kHz.	28 kHz <hr/> 40 kHz	Frecuencia (kHz)	Tina ultrasónica

Tiempo de exposición	Magnitud física que mide la duración de los acontecimientos	La medición del tiempo se realizó a través de un cronometro programado para 10 min; 20 min; 30 min.	10 min 20 min 30 min	Tiempo (minutos)	Cronometro
VARIABLES DEPENDIENTES					
Inactivación microbiológica	Perdida irreversible de la capacidad de reproducción del microorganismo	Para la medición se utilizó Placas 3M petrifilm	Mohos Levaduras	<10 UFC/ml	Baño ultrasónico
Aceptabilidad	Es la medición de la aceptación de un producto por el consumidor	Para la medición se utilizó una escala hedónica de 5 puntos.	Color de la bebida Olor de la bebida Sabor de la bebida	Grado de aceptabilidad	Escala hedónica verbal
Características fisicoquímicas	Características que se pueden medir sin que por ello se altere la estructura atómica	Medición resulta de la utilización del: Potenciómetro, Refractómetro, Colorímetro	pH °Brix Color	Química Física	Potenciómetro Refractómetro Colorímetro Cie L*a*b*

3.9. Técnicas de Análisis e Interpretación de la Información

3.9.1. *Diseño Experimental*

Para el estudio de la investigación de la bebida de mashua negra y piña se utilizó diseño experimental con arreglo factorial de $2 \times 3 = 6$ tratamientos. Es decir, con 2 niveles en el factor de frecuencia ultrasónica, 3 niveles en el factor tiempo igual a 6 tratamientos con 3 réplicas.

Análisis del Diseño Factorial Mixto

El modelo estadístico para el diseño factorial mixto está dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Inactivación microbiológica, análisis sensorial y características fisicoquímicas de la i observación bajo la combinación del j valor de la frecuencia ultrasónico, k valor del tiempo.

μ : es la media general.

α_i : El efecto de i nivel de la variable de tratamiento A.

β_j : El efecto de j nivel de la variable de tratamiento B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Representa al efecto de interacción entre i del valor A y j del valor B.

ε_{ijk} : Es el error aleatorio

Donde:

A: Frecuencia ultrasónico

B: tiempo de exposición

3.9.2. Matriz Experimental

Tabla 8:

Matriz experimental para el estudio de la bebida de mashua negra y piña

Variables de estudio	V.I.		V.D.								
	Frecuencia ultrasónico (kHz)	Tiempo (min)	Inactivación microbiológica		Aceptabilidad			Características fisicoquímicas			
			Mohos	Levadura	Color	Olor	Sabor	pH	°Brix	Color	
			Log(UFC/ml)	Log(UFC/ml)							
T1	28	10									
T2	28	20									
T3	28	30									
T4	40	10									
T5	40	20									
T6	40	30									

Matriz de diseño experimental $2 \times 3 = 6$ tratamientos

Importante: Cada tratamiento se realizó por triplicado y los resultados se expresaron tomando los promedios. Los resultados (datos) que fueron obtenidos en la experimentación fueron analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias entre las medias se analizaron mediante una prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 5%, para lo cual se utilizó el Software STATGRAPHICS Centurión XVI.I

3.10. Técnicas para Demostrar la Verdad o Falsedad de las Hipótesis Planteadas

Hipótesis Estadística

Para la prueba de hipótesis se estimó las siguientes hipótesis:

H_0 : Hipótesis nula

H_A : Hipótesis alterna

Donde:

A: Frecuencia ultrasónico

B: Tiempo de tratamiento

A. Frecuencia Ultrasónica

H₀: Efecto A=0; La frecuencia ultrasónica no influye en la inactivación microbiológica.

H_A: Efecto A≠0; La frecuencia ultrasónica influye en la inactivación microbiológica.

H₀: Efecto A=0; La frecuencia ultrasónica no influye en la aceptabilidad de la bebida.

H_A: Efecto A≠0; La frecuencia ultrasónica influye en la aceptabilidad de la bebida.

H₀: Efecto A=0; La frecuencia ultrasónica no influye en las características fisicoquímicas.

H_A: Efecto A≠0; La frecuencia ultrasónica influye en las características fisicoquímicas.

B. Tiempo de Tratamiento

H₀: Efecto B=0; El tiempo de tratamiento no influye en la inactivación microbiológica.

H_A: Efecto B≠0; El tiempo de tratamiento influye en la inactivación microbiológica.

H₀: Efecto B=0; El tiempo de tratamiento no influye en la aceptabilidad de la bebida.

H_A: Efecto B≠0; El tiempo de tratamiento influye en la aceptabilidad de la bebida.

H₀: Efecto B=0; El tiempo de tratamiento no influye en las características fisicoquímicas.

H_A: Efecto B≠0; El tiempo de tratamiento influye en las características fisicoquímicas.

C. Interacción Frecuencia Ultrasónica x Tiempo

H₀: Efecto AB=0; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento no influyen en la inactivación microbiológica.

H_A: Efecto AB≠0; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento influyen en la inactivación microbiológica.

H₀: Efecto AB=0; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento no influyen en la aceptabilidad de la bebida.

H_A: Efecto AB≠0; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento influyen en la aceptabilidad de la bebida.

H_0 : Efecto $AB=0$; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento no influyen en las características fisicoquímicas.

H_A : Efecto $AB\neq 0$; la frecuencia ultrasónica x tiempo de tratamiento influyen en las características fisicoquímicas.

Nivel de Significancia al 5% ($\alpha = 0.05$)

Si $p < 0.05$: se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alterna H_A

Si $p > 0.05$: se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alterna H_A

3.11. Cálculos de Ingeniería

3.11.1. Balance de Masa

Según Salas (2016) “el balance de masa o materia es una contabilidad exacta de entradas y salidas. Los problemas de balance de masa se basan en la aplicación correcta de las leyes de conservación de masa”.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados de la Elaboración de la Bebida de Mashua Negra y Piña

4.1.1. *Elaboración de la Bebida por Pasteurización sin Pigmento*

A través de las pruebas preliminares se elaboró la bebida de mashua negra y piña por pasteurización, su diagrama de flujo y su descripción de procesos se detalla en la figura 25 (Anexo 1) del presente trabajo de investigación. Después de 1 semana se observó una sedimentación en la bebida de mashua negra y piña, así como se observa en la figura 8A.

Teniendo dicho problema se optó por realizar el filtrado a través de un Tamiz de 100 μm , también se hizo la combinación de los estabilizantes (Carboxil Metil Celulosa 75% y goma tara 25 %). Se observó que el problema aun persistía, así como se observa en la figura 8B.

Figura 8:

Bebida de mashua negra y piña sometida a pasteurización



4.1.2. Elaboración de la Bebida por Ultrasonido sin Pigmento.

Se realizó pruebas preliminares de la bebida de mashua negra y piña por ultrasonido, así como se detalla en la figura 26 (Anexo 1) del presente trabajo de investigación. Después de 1 semana se observó una sedimentación en la bebida de mashua negra y piña, así como se observa en la figura 9C.

Figura 9:

Bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido



En las figuras 8A, 8B y 9C se observa que existe una sedimentación en la bebida de mashua negra y piña al ser sometida a pasteurización. Según (Liua et al., 2007) la sedimentación se da por la presencia de almidón al someterlo a temperaturas de 66-68 °C y ocurre la gelatinización del almidón.

Se observo que a mayor tiempo de almacenamiento, mayor es la sedimentacion en la bebida de mashua negra y piña. Según (Arocas et al., 2011) indica que algunos almidones presentan una perdida de agua en el tiempo de almacenamiento.

4.1.3. Elaboración de la Bebida de Mashua Negra y Piña por Ultrasonido (con Pigmento de Mashua Negra).

Viendo el problema de la sedimentación en la bebida de mashua negra y piña se utilizó el pigmento de mashua negra para la elaboración de la bebida de mashua negra y piña. El procedimiento que se siguió se detalla en la figura 27 (Anexo 1) del presente estudio de investigación. En la figura 10D se visualiza la bebida de mashua negra y piña pigmentada con mashua negra sometido a ultrasonido.

Figura 10:

Bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido (pigmentada con mashua negra)



En la figura 10D se observa que después de 1 semana de almacenamiento de la bebida de mashua negra (pigmentada) y piña se observó que no hay sedimentación en la bebida.

4.2. Resultados de la Inactivación Microbiológica de Mohos y Levaduras

En la tabla 9 se muestra los resultados de la inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña en UFC/ml.

Tabla 9:

Resultados de la Inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña UFC/ml

TIEMPO	UFC/ml					
	28 kHz			40 kHz		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	32					
10 min	7	6	7	8	7	8
20 min	6	5	4	7	6	6
30 min	3	2	2	4	5	5

En la tabla 10 se muestra los resultados de la inactivación de mohos y levaduras después de ser sometidos a ultrasonido. Se tomó una muestra de control la cual no fue sometida ningún tratamiento. La frecuencia mínima de (28 kHz) fue capaz de reducir 1.15 ciclos logarítmicos en 30 min; de la misma manera para la mayor frecuencia ultrasónica (40 kHz) se obtuvo una reducción de 0.84 ciclos logarítmicos con el mismo tiempo de exposición.

Tabla 10:

Resultados de la Inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña

TIEMPO	FRECUENCIA ULTRASÓNICA			
	28 kHz		40 kHz	
	\bar{X} log(UFC/ml)	S	\bar{X} log(UFC/ml)	S
0	1.505			
10 min	0.82	±0.03	0.88	±0.03
20 min	0.69	±0.09	0.80	±0.04
30 min	0.36	±0.10	0.67	±0.06

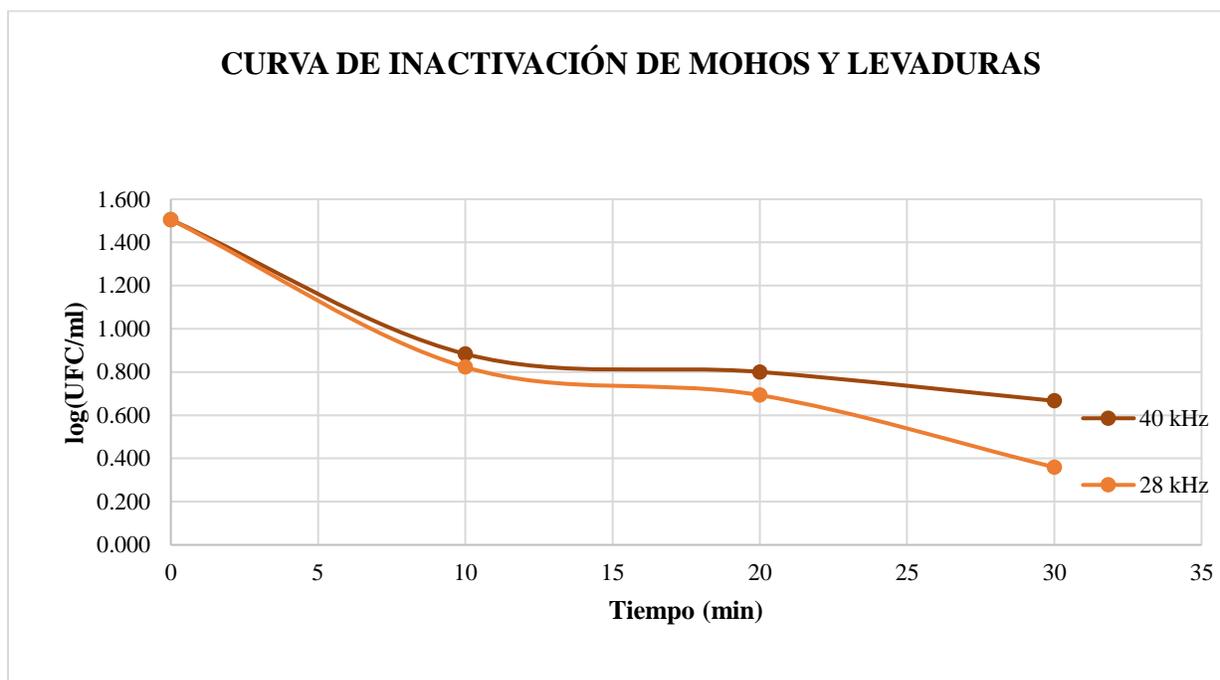
Dónde: \bar{X} : promedio S: desviación estándar

De acuerdo a la curva de inactivación microbiológica de mohos y levaduras, en la figura 11 se presenta la curva de inactivación en mohos y levaduras después de haber sido sometido a

ultrasonido. La muestra de control su fracción logarítmica inicial es de 1.505, seguidamente a los primeros 10 min de exposición a diferentes frecuencias experimentan una tendencia uniforme a la reducción, para los 20 min sometidas a las 2 frecuencias de 28 kHz y 40 kHz sufren una inflexión de la curva manteniendo la tendencia a la reducción, en los 30 min se obtiene una reducción logarítmica de 1.15 ciclos logarítmicos a una frecuencia de 25 kHz, con el mismo tiempo para una frecuencia de exposición de 40 kHz se obtiene una reducción de 0.84 ciclos logarítmicos, para llegar a una esterilidad comercial se necesita reducir 5 ciclos logarítmicos.

Figura 11:

Curva de inactivación microbiológica (mohos y levaduras) a 28 kHz y 40 kHz

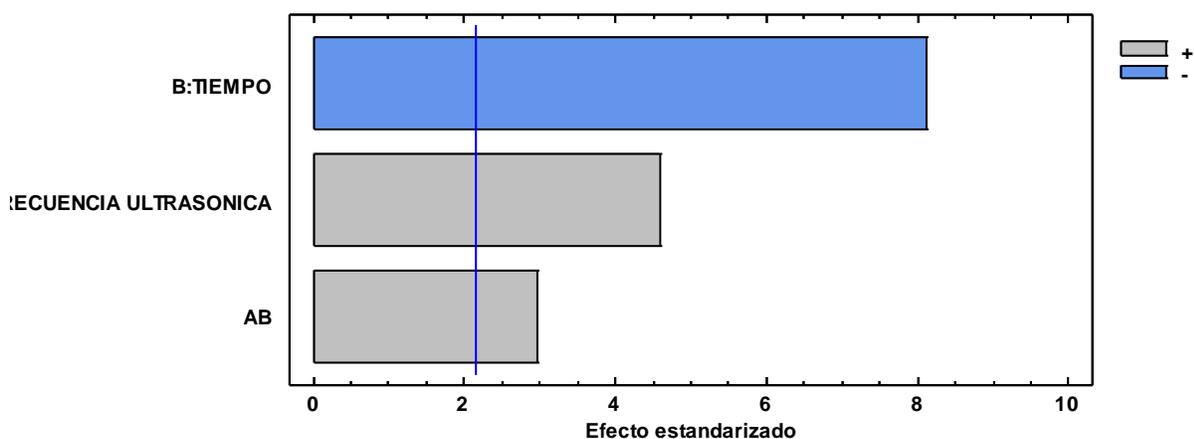


En la figura 11 se observa la inactivación microbiológica de mohos y levaduras en función al tiempo de exposición, lo que permite corroborar la efectividad de dicho proceso en términos de inactivación. A medida que aumenta el tiempo de exposición tiende a disminuir la carga microbiana.

Tabla 11:*Análisis de varianza para la inactivación microbiológica*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: FRECUENCIA ULTRASONICA	0.112022	1	0.112022	21.10	0.0004
B: TIEMPO	0.350208	1	0.350208	65.95	0.0000
AB	0.046875	1	0.046875	8.83	0.0101
Error total	0.0743389	14	0.00530992		
Total (corr.)	0.583444	17			

En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis de varianza para la inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña; siendo la frecuencia ultrasónica (A) y el tiempo (B) poseen efectos significativos al 95% del nivel de confianza ($P < 0.05$) sobre la inactivación de mohos y levaduras. La interacción del tiempo de exposición y la frecuencia ultrasónica (AB) tienen un efecto significativo al 5% en la inactivación de mohos y levaduras de la bebida de mashua negra y piña; se puede decir que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

Figura 12:*Diagrama de Pareto estandarizado para la inactivación microbiológica*

En la figura 12 se observa que el tiempo de exposición (B) tiene mayor influencia frente a la frecuencia ultrasónica (A), del mismo modo la interacción de (AB) afectan en la inactivación microbiológica. El tiempo de exposición es crucial, para la inactivación microbiológica a mayor tiempo de exposición mayor inactivación microbiológica.

De la figura 11, las dos curvas de inactivación microbiológicas (28 y 40 kHz) están en función al tiempo de exposición del ultrasonido, lo que permite ratificar la efectividad en la inactivación. (Maldonado et al., 2011), indica que la causa de la reducción de la actividad microbicida ha sido asociada a los fenómenos de la cavitación ocasionando daño a la membrana celular y esta incrementa proporcionalmente con el aumento en el tiempo de exposición y los daños causados a la membrana de la E. coli es irreversible. Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Pérez, 2019), quien evaluó el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de “zarzamora” con un baño ultrasónico de 40 kHz y dos tiempos (30 min y 45 min) de exposición, dos temperaturas de (25 °C y 40 °C). Encontraron que el tratamiento con ultrasonido causó reducción significativa ($p < 5\%$) en el recuento de mohos y levaduras hasta 0 UFC/gr. De igual forma, los resultados encontrados por (Zou et al., 2016), quienes también evaluaron el efecto del tratamiento ultrasónico en jugo de “Zanahoria” con un baño ultrasónico de 40 kHz y tres tiempos de exposición (20 min, 40 min y 60 min). Encontrando que el tratamiento con ultrasonido causó reducciones significativas ($p < 5\%$) en el recuento de mohos y levaduras.

La sensibilidad de los microorganismos al ultrasonido depende del tipo de microorganismo, en algunos casos los microorganismos son más susceptibles al ultrasonido, las células largas o más grandes son más sensibles al ultrasonido, ya que a mayor tamaño mayor área de superficie de célula, mayor presión de cavitación (Mason, 1998).

Es así, Şahin et al., (2013), explican la inactivación microbiana por ultrasonido, el cual es causado mediante los fenómenos de cavitación que ocasiona cambios en la presión. El efecto antimicrobiano es creado por la rápida creación y colapso de burbujas formadas por las ondas ultrasónicas. Durante el proceso de cavitación existen cambios de temperatura y presión los cuales causan la ruptura de las paredes celulares, el adelgazamiento de las membranas celulares e interrupción, y el daño al ADN a través de la producción de radicales libres. Por otro lado (Porrás et al., 2011) da a conocer que existe una reducción microbiológica significativamente a medida que se aumenta el tiempo de exposición, siendo mayor la inhibición microbiológica a 25 kHz a 60 min obteniendo una reducción en mesófilos aerobios en un 54.7 %, para hongos y levaduras 62.1 %, a mayor frecuencia menor intensidad.

4.3. Resultados de la Evaluación Sensorial de la Bebida de Mashua Negra y Piña Sometida a Ultrasonido

La evaluación sensorial se realizó con estudiantes no entrenados ni seleccionados a los 6 tratamientos que resultaron de la combinación de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición. Los panelistas evaluaron las características sensoriales de color, olor y sabor de los tratamientos (bebida de mashua negra y piña) utilizando como herramienta el método de la escala hedónica verbal de 5 puntos.

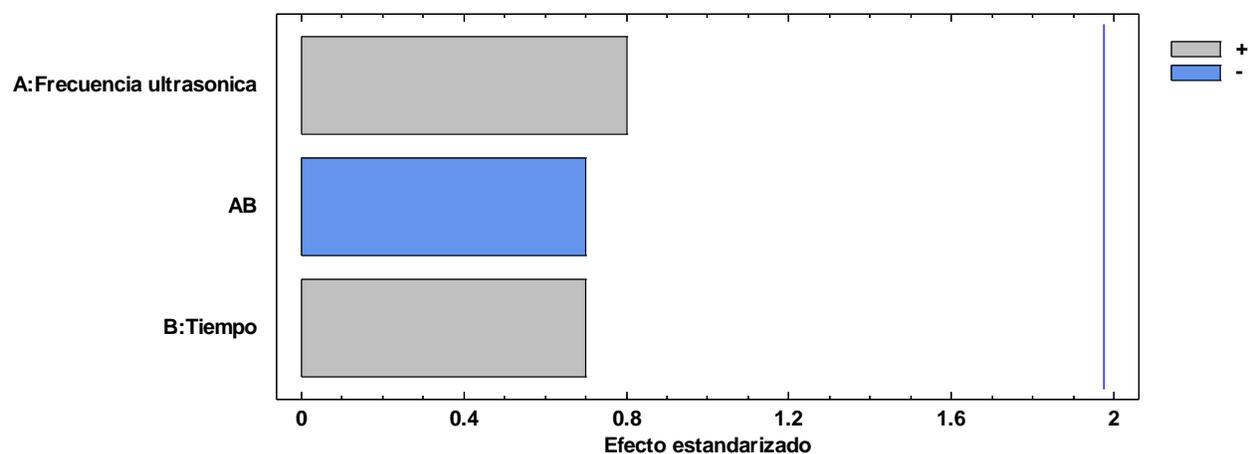
4.3.1. Color

Se les presentó a los panelistas 6 muestras codificadas sometidas a diferentes tratamientos de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición, como se observa en el Anexo 2; Tabla 18. Para una probabilidad de error de 5%.

Tabla 12:*Análisis de Varianza para el color*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Frecuencia ultrasónica	0.272222	1	0.272222	0.64	0.4243
B: Tiempo	0.208333	1	0.208333	0.49	0.4845
AB	0.208333	1	0.208333	0.49	0.4845
Error total	74.7056	176	0.424463		
Total (corr.)	75.3944	179			

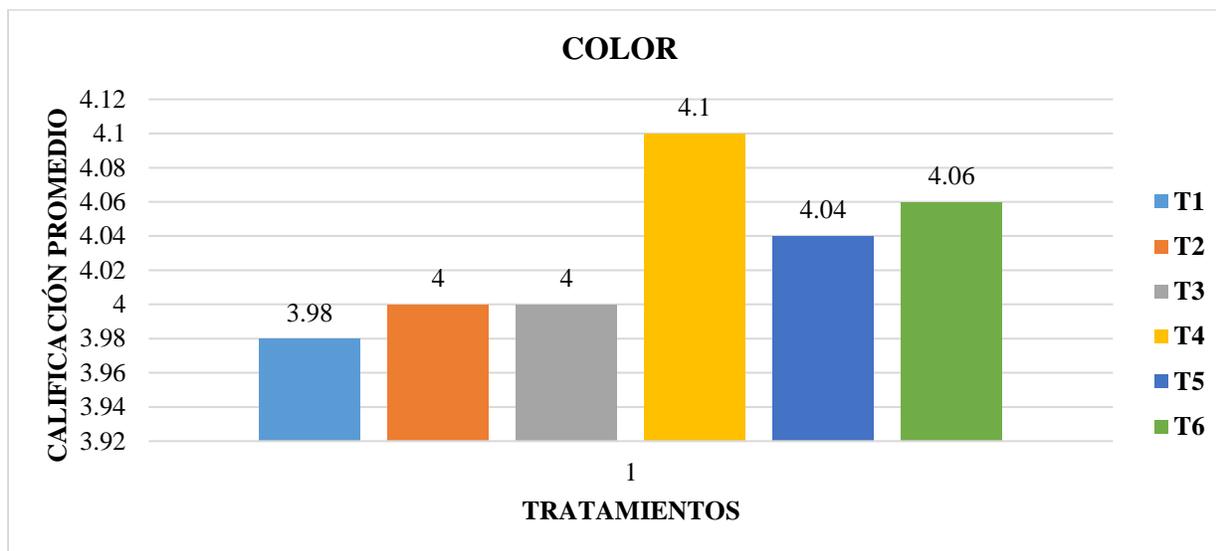
En la Tabla 12, se muestran los resultados de análisis de varianza para el color de la bebida de mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A), tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de Color. El valor $p > 0.05$: se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alterna H_A .

Figura 13:*Diagrama de Pareto Estandarizada para Color*

En la figura 13 se puede observar que la frecuencia ultrasónica, la interacción de AB y el tiempo de exposición no influyen significativamente al 5 % en la respuesta de variable de color de la bebida de mashua negra y piña.

Figura 14:

Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el color



En la Figura 14 se observa la calificación promedio de los panelistas sobre los tratamientos, utilizando el método de la escala hedónica verbal de 5 puntos, donde indican que el tratamiento T4 tiene mayor aceptabilidad con respecto al color. Por lo tanto, el tratamiento T4 presenta mayor aceptabilidad por los panelistas con respecto al color de la bebida de mahua negra y piña. El tratamiento T1 tiene menor aceptabilidad con respecto al color de la bebida.

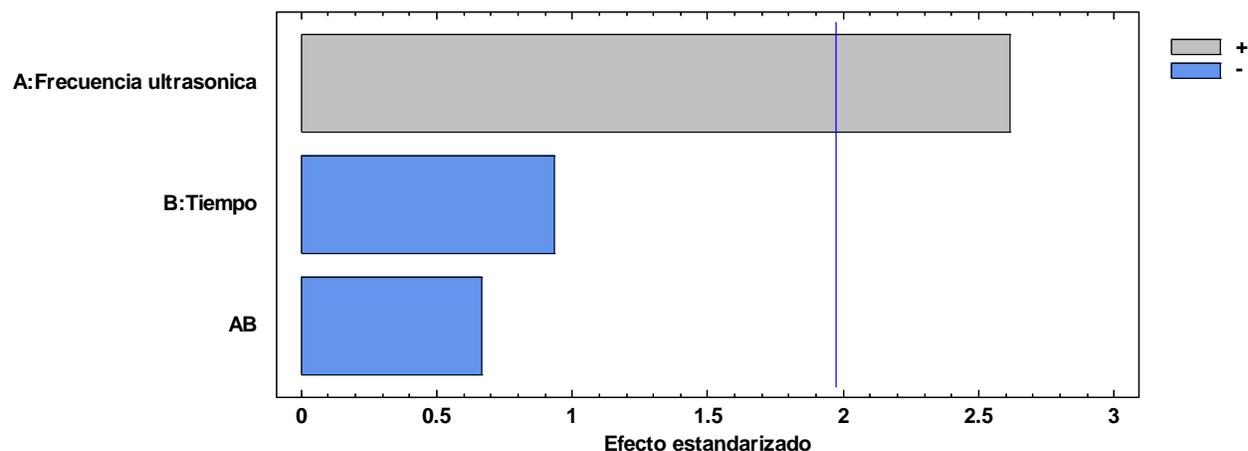
4.3.2. Olor

Se les presentó a los panelistas 6 muestras codificadas y sometidas a diferentes tratamientos de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición, como se observa en el Anexo 2; Tabla 18. Para una probabilidad de error de 5 %.

Tabla 13:*Análisis de Varianza para el Olor*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Frecuencia ultrasónica	3.2	1	3.2	6.83	0.0097
B: Tiempo	0.408333	1	0.408333	0.87	0.3517
AB	0.208333	1	0.208333	0.44	0.5057
Error total	82.4278	176	0.46834		
Total (corr.)	86.2444	179			

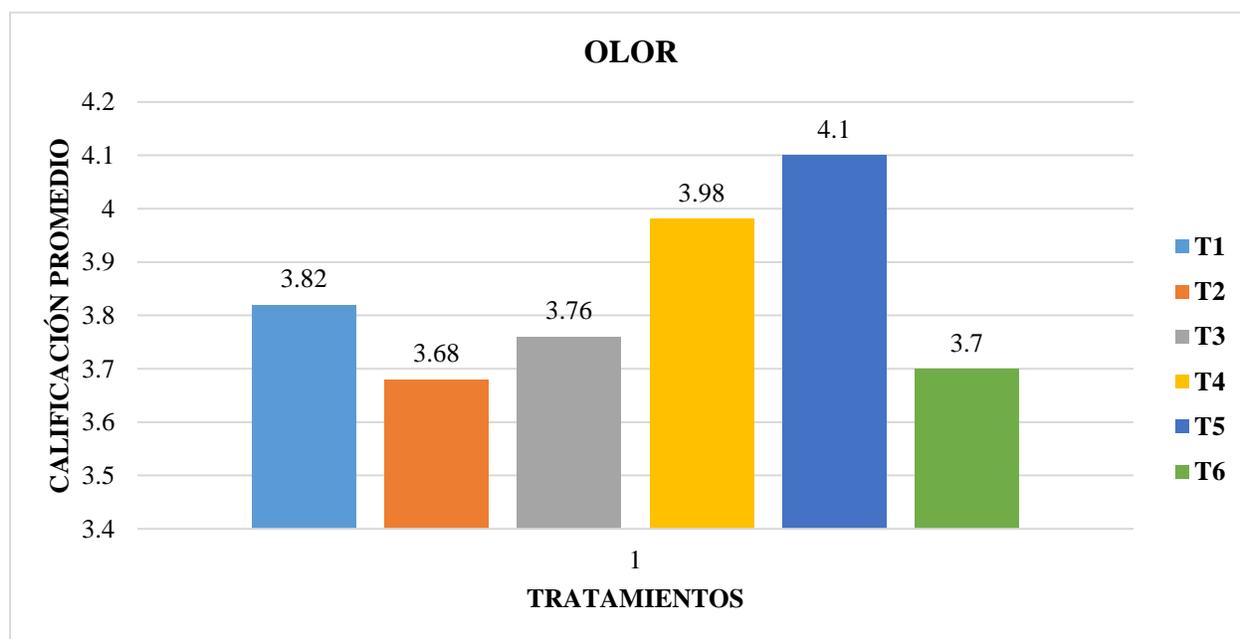
En la Tabla 13, se muestran los resultados de análisis de varianza para el olor de la bebida de mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A) influye significativamente al 5 % en la variable de respuesta, de Olor. El valor $p < 0.05$: se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alterna H_A ; y el tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de Olor. El valor $p > 0.05$: se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alterna H_A .

Figura 15:*Diagrama de Pareto Estandarizada para Olor*

En la figura 15 se observa que la frecuencia ultrasónica influye significativamente al 5 % en el olor de la bebida de mashua negra y piña y; la interacción (AB) y el tiempo de exposición (B) no influyen significativamente al 5 % en la respuesta de variable de olor de la bebida de mashua negra y piña.

Figura 16:

Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el Olor



En la figura 16 se observa la calificación promedio de los panelistas sobre los tratamientos utilizando el método de la escala hedónica verbal de 5 puntos donde indican que el tratamiento T5 tiene mayor aceptabilidad por los panelistas y de acuerdo con el método de la escala hedónica verbal los panelistas calificaron la mayoría desde la escala “me gusta ligeramente” a “me gusta mucho” y el tratamiento T2 fue menor aceptado por los panelistas.

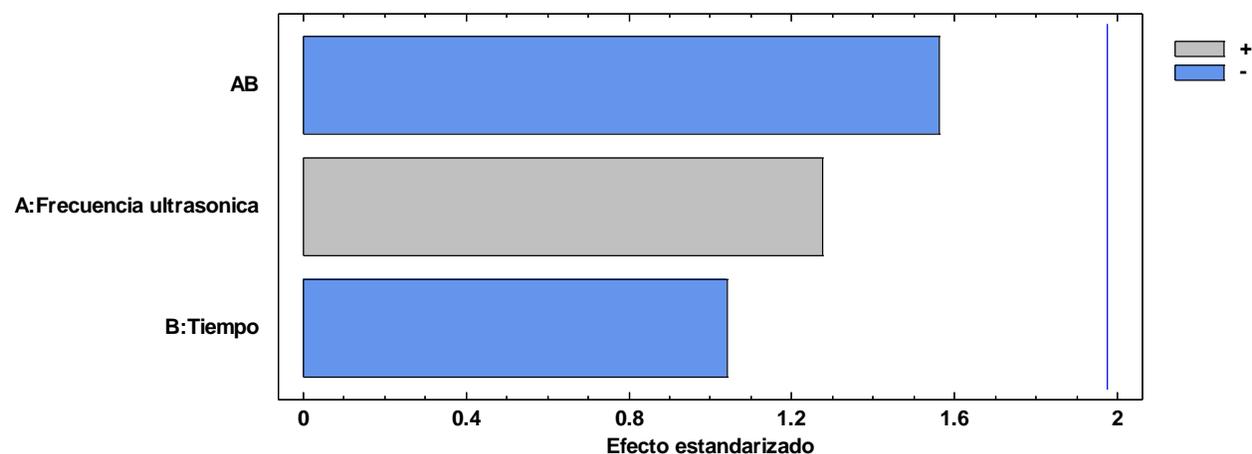
4.3.3. Sabor

Se les presentó a los panelistas 6 muestras codificadas y sometidas a diferentes tratamientos de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición, como se observa en el Anexo 2; Tabla 18. Para una probabilidad de error de 5 %.

Tabla 14:*Análisis de Varianza para el Sabor*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Frecuencia ultrasónica	0.8	1	0.8	1.62	0.2041
B: Tiempo	0.533333	1	0.533333	1.08	0.2994
AB	1.2	1	1.2	2.44	0.1203
Error total	86.6667	176	0.492424		
Total (corr.)	89.2	179			

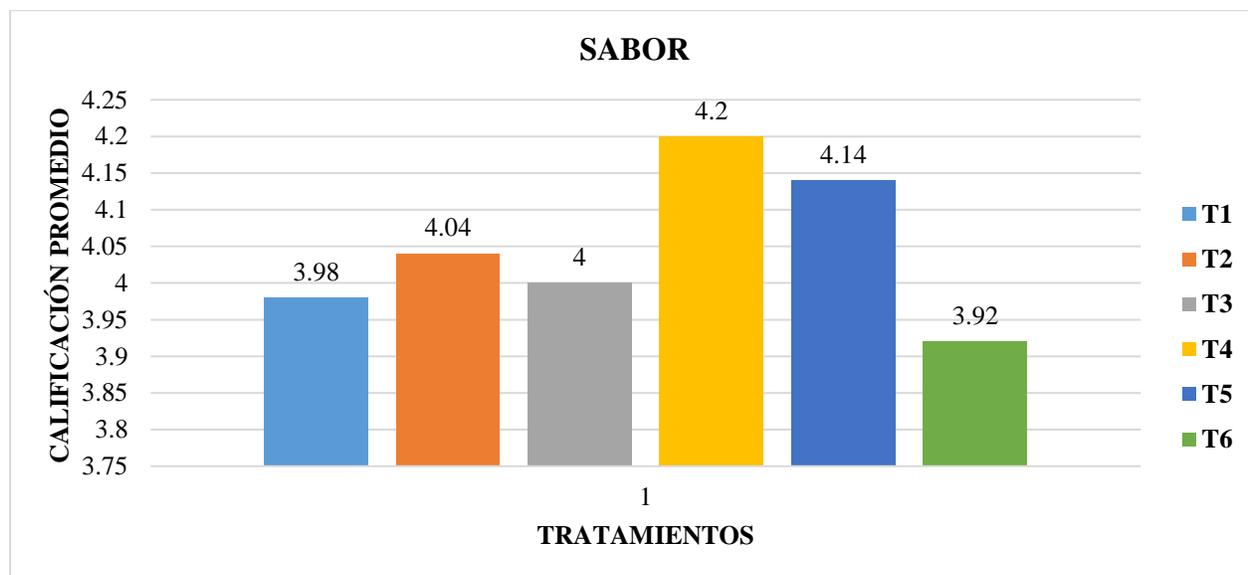
En la tabla 14, se muestran los resultados de análisis de varianza para el sabor de la bebida de mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A), tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de Color. El valor $p > 0.05$: se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alterna H_A .

Figura 17:*Diagrama de Pareto Estandarizada para Sabor*

En la figura 17 se observa que la frecuencia ultrasónica, la interacción de AB y el tiempo de exposición no influyen significativamente al 5 % en la respuesta de variable de sabor de la bebida de mashua negra y piña.

Figura 18:

Aceptabilidad de la bebida por método de escala hedónica verbal para el Sabor



En la Figura 18, se observa la calificación promedio de los panelistas sobre los tratamientos utilizando el método de la escala hedónica verbal de 5 puntos donde indican que el tratamiento T4 tiene mayor aceptabilidad con respecto al Sabor por los panelistas y la calificación que le dan va desde la escala “me gusta ligeramente”, a “me gusta mucho” es decir de nivel 4 a 5. Por tanto, el tratamiento T4 presenta mayor aceptabilidad por los panelistas con respecto al Sabor de la bebida de mahua negra y piña. El tratamiento T6 tiene menor aceptabilidad.

En el CODEX STAN 247 (2005) indica que los nectares o bebidas de frutas no fermentadas como criterios de calidad deben de tener el color, aroma y sabor característico del zumo del mismo tipo de fruta de la que procede.

El olor de la bebida de mashua negra y piña al ser sometido a ultrasonido muestra una buena aceptabilidad por parte de los panelistas evaluados con una descripción de “les gusta

ligeramente” a “me gusta mucho” de igual manera en el trabajo de (Tuco, 2019) en la elaboración de una bebida de arándanos por ultrasonido muestra una buena aceptabilidad. Esto se debe a que después de haber sido sometido a ultrasonido las muestras conservaban el olor típico.

Tuco (2019), indica que al someter una bebida de arándanos por ultrasonido conserva su sabor. También, (Ferrario et al., 2016) indican que el jugo de manzana tratado por ultrasonido es aceptado por los consumidores y conserva su sabor a manzana natural. De igual forma (Hong et al., 2020), indica que la generación de los radicales libres producen compuestos volátiles indeseables como: aldehídos, cetonas, ácidos, esterres y azufre y esto va a depender de las condiciones de procesamiento ultrasónico (tiempo y frecuencia) los ultrasonidos de baja frecuencia limitan la formación de los radicales libres y dan como resultados pocos compuestos volátiles en comparación a los de la alta frecuencia. En el presente estudio se trabaja con ultrasonidos de baja frecuencia es por esta razón que los panelistas no lograron detectar los compuestos volátiles.

4.4. Resultados de Características Físicoquímicas: pH, °Brix y Color

En la tabla 15 se observa los resultados de las características físicoquímicas después de ser sometido a distintas frecuencias ultrasónicas y tiempos de exposición.

Tabla 15:

Resultados de las características físicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña

Tratamiento	Frecuencia (kHz)	Tiempo (min)	\bar{X} pH	S	\bar{X} °Brix (%)	S
T0	0	0	3.29	± 0.03	13.5	± 0.20
T1	28	10	3.23	± 0.02	14.0	± 0.10
T2	28	20	3.31	± 0.03	14.0	± 0.00
T3	28	30	3.32	± 0.03	14.1	± 0.20
T4	40	10	3.30	± 0.03	13.9	± 0.10
T5	40	20	3.30	± 0.01	14.0	± 0.10
T6	40	30	3.30	± 0.01	14.0	± 0.30

Dónde: \bar{X} es la media; s desviación estándar

En la tabla 15 se observa que el valor de pH sometida a 28 kHz aumenta de 3.23 a 3.32 y a mayor frecuencia ultrasónica 40 kHz no se observa la variación.

También en la Tabla 15 se observa la variación de los resultados de los °Brix de los tratamientos aplicados con diferentes frecuencias y tiempos de exposición, en el cual se puede observar que todos los tratamientos aumentaron o se concentraron con respecto a los sólidos solubles. Por consiguiente, la combinación de las frecuencias ultrasónicas y tiempos de exposición son importantes en los resultados del pH y °Brix, ya que al trabajar con diferentes frecuencias y tiempos de exposición los factores tienden a cambiar en los valores de pH y °Brix.

4.4.1. pH

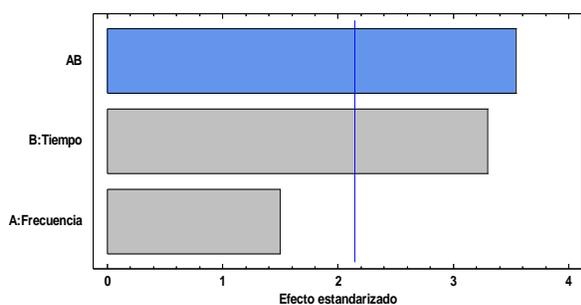
Con los datos obtenidos de la tabla 15 se realizó el análisis en el programa de statgraphics.

En el cuadro de ANVA tabla 19 (Anexo 3), la interacción (AB) y variable tiempo, tiene un p valor menor al nivel de significancia de 0.05. El valor p es significativo, por tanto, estos factores tienen efecto significativo en las variables de respuesta, de pH, y la frecuencia ultrasónica no es significativo al 5% en las variables de respuesta de pH, mostrándose mejor con los gráficos de Pareto e interacción de variables.

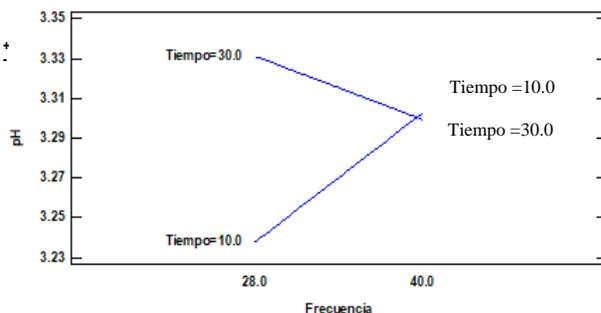
Figura 19:

Resumen de las figuras estadísticas de pH de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido

a) Diagrama de Pareto para el pH



b) Grafica de interacción para pH



En la figura 19a), se observa que la interacción AB y el tiempo de exposición influyen significativamente al 5 % en la variable de respuesta de pH; y la frecuencia ultrasónica no influye significativamente en la variable de respuesta de pH.

Mientras en la figura 19b), existe una interacción entre los factores tiempo y frecuencia ultrasónica, debido que el efecto de la frecuencia ultrasónica depende del tiempo de exposición de la bebida y se observa que el pH aumenta, a 28 kHz de 3.23 a 3.32 y a 40kHz no se observa la variación de respuesta de pH.

En la Tabla 15, se muestra la variación del pH de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido y tiempo, mostrando que a una misma frecuencia ultrasónica el valor de pH se incrementa con el tiempo de exposición al ultrasonido, 28 kHz desde 3.23 a 3.32. El cuadro de ANVA muestra que el tiempo y la interacción de AB de exposición muestran efecto significativo al 5 % sobre el pH en la bebida de mashua negra y piña. Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Pérez, 2019), quien evaluó el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de “zarzamora” con un baño ultrasónico de 40 kHz y dos tiempos (30 min y 45 min) de exposición, dos temperaturas de (25 °C y 40 °C). Los resultados mostraron un incremento con el tiempo de exposición al ultrasonido de 1.14 a 1.52. De igual forma (Zou et al., 2016), quienes también evaluaron el efecto del tratamiento ultrasónico en jugo de “Zanahoria” con un baño ultrasónico de 40 kHz y tres tiempos de exposición (20 min, 40 min y 60 min). Los resultados mostraron un incremento de 5.21 a 5.25. Es así, (Hiraoka et al., 2006), explica el incremento del pH con el tiempo de exposición al ultrasonido, quien en ese entonces estudio la formación de radicales libres ocasionadas por irradiaciones ultrasónicas y demostró la aparición de radicales libres desde el 1er minuto de sonicacion; es así, demostró que a mayor tiempo de exposición de irradiación es cuando se alcanza la mayor formación de radicales OH⁻ (hidroxilo).

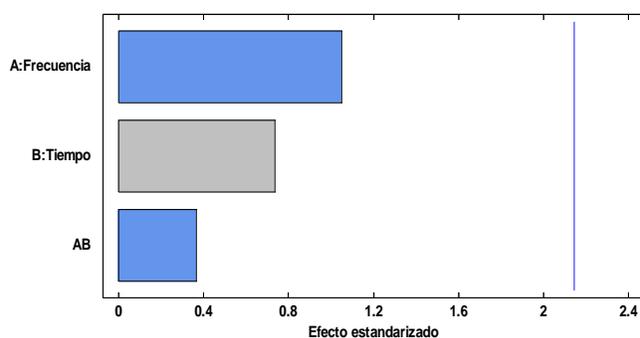
4.4.2. Sólidos Totales

Con los datos obtenidos de la tabla 15 se realizó el análisis en el programa de statgraphics. En el cuadro de ANVA tabla 20 (Anexo 3) Las variables de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición; y la interacción AB, tienen un p valor mayor al nivel de significancia de 5 %, esto quiere decir que no hay interacción. Por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de °Brix.

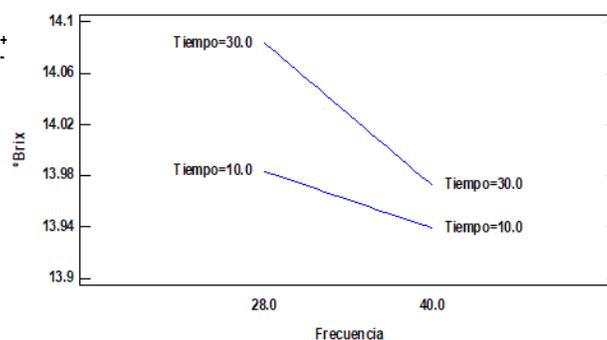
Figura 20:

Resumen de las figuras estadísticas de los °Brix de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

a) Diagrama de Pareto



b) Grafica de interacción



En la figura 20a), la frecuencia ultrasónica, el tiempo de exposición y la interacción de AB no tienen efecto significativo al 5%, entonces no hay influencia significativa en la variable de respuesta de sólidos solubles.

En la figura 20b), se observa que no hay interacción de frecuencia y tiempo, se observa que el valor de °Brix de la bebida de mashua negra y piña tiende a aumentar debido a que el nivel del factor A aumenta de 28 kHz a 40 kHz y tiempo de exposición de 10 min a 30 min.

En la tabla 15 se muestra la variación de °Brix en la bebida de mashua negra y piña, mostrando que se incrementa al aumentar el tiempo de exposición al ultrasonido. Los valores aumentan a 28 kHz de 14 a 14.1°Brix; y a 40 kHz de 13.9 a 14 °Brix. El cuadro de ANVA se

determinó que no existe efecto significativo al 5 % estadísticamente del tiempo de exposición y ultrasonido sobre el contenido de sólidos solubles de la bebida de mashua negra y piña. Pero numéricamente existe un incremento de sólidos solubles. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Pérez, 2019), quien evaluó el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de “zarzamora” con un baño ultrasónico de 40 kHz y dos tiempos (30 min y 45 min) de exposición, dos temperaturas de (25 °C y 40 °C). Los resultados mostraron un incremento con el tiempo de exposición al ultrasonido de 6.00 a 7.00 °Brix. De igual forma (Zou et al., 2016), quienes también evaluaron el efecto del tratamiento ultrasónico en jugo de “Zanahoria” con un baño ultrasónico de 40 kHz y tres tiempos de exposición (20 min, 40 min y 60 min). Los resultados mostraron un incremento de 4.09 a 4.19. También (Perdomo del aguila, 2017), quien evaluó el efecto del ultrasonido en pulpa de “mango” variedad Edward, con un baño ultrasónico de 40 kHz y cuatro tiempos de exposición (15 min, 30 min, 45 min y 60 min). Los resultados mostraron que hubo incremento hasta 18.11% en un tiempo de 45 min. Es así, (Zou et al., 2010) explica el incremento de sólidos solubles, el incremento podría atribuirse a que la implosión de las microburbujas, ocasionadas por el ultrasonido, destruye los tejidos de las paredes celulares, permitiendo un mayor ingreso de sólidos solubles y agua en las membranas celulares.

4.4.3. Color (CIE $L^*a^*b^*$)

En la tabla 16 se muestra los resultados del color de las coordenadas de L^* , a^* , b^* y C^* después del tratamiento ultrasónico.

Tabla 16:*Resumen estadístico para el color*

Frecuencia (kHz)	Tiempo (min)	L*		a*		b*		C*	
		\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
	0	14.37	± 0.14	19.36	± 0.58	2.39	± 0.27	19.51	± 0.61
28	10	17.98	± 0.90	28.82	± 1.90	5.91	± 0.85	29.42	± 2.02
28	20	18.01	± 0.38	27.20	± 1.51	5.36	± 0.56	28.05	± 1.16
28	30	16.32	± 0.59	24.36	± 2.00	3.74	± 0.95	24.66	± 2.12
40	10	18.03	± 0.44	28.76	± 0.86	6.33	± 0.32	29.45	± 0.91
40	20	17.74	± 0.30	28.34	± 0.66	6.18	± 0.39	29.01	± 0.72
40	30	22.52	± 1.96	34.48	± 1.58	8.39	± 0.32	35.49	± 1.62

Dónde: \bar{X} es promedio muestral y S es desviación estándar muestral

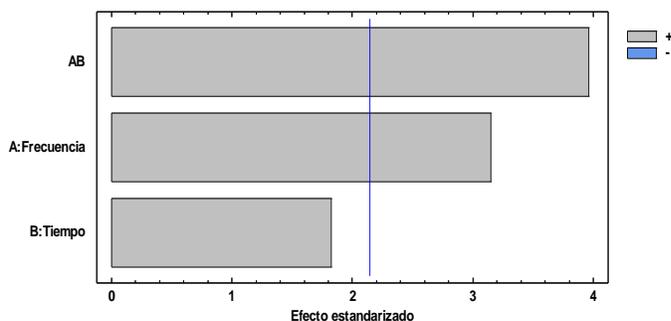
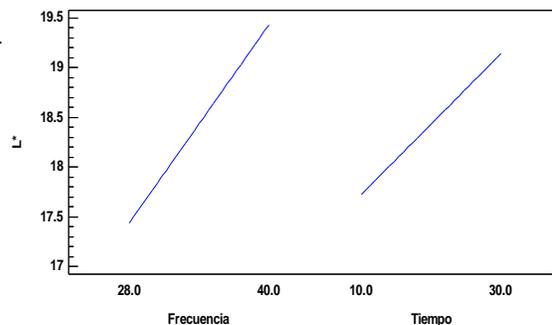
En la tabla 16 se puede observar que a una frecuencia de 28 kHz las coordenadas L*, a*, b* y C* tienden a disminuir, mientras que a mayor frecuencia (40 kHz) tienden a aumentar las coordenadas de L*, a*, b* y C* a medida que aumenta el tiempo de exposición.

Coordenada L*

En la tabla 21 (Anexo 3), se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada L* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ($\alpha < 0.05$) sobre la coordenada L*. Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada L* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

Figura 21:

Resumen de las figuras estadísticas de las coordenadas L^ de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido*

a) Diagrama de Pareto para la coordenada L^* **b) Grafica de interacción**

En la figura 21a), se puede evidenciar que el factor frecuencia (A) y la interacción (AB) son los que influyen positivamente y significativamente al 5% en la coordenada L^* , mientras que, el factor tiempo (B) no influye en la coordenada L^* . En la figura 21b), se evidencia que a mayor frecuencia ultrasónica el color de la coordenada L^* tiende a aumentar, sin embargo, a menor frecuencia ultrasónica tiende a disminuir al aplicar un tiempo de exposición de 30 minutos.

La luminosidad a 28 kHz se obtuvieron valores de 17.98 a 16.32 (tabla 16), mientras a 40 kHz se obtuvieron valores de 18.03 a 22.52, estas tendencias mostraron efecto significativo. Según (Gomez, 2022), realizó un análisis por colorimetría en zumo de mango ciruelo tratado con ultrasonido, concluyendo que los valores de luminosidad oscilan entre 43.12 a 45.4 no mostrando efecto significativo, ni mostraron una tendencia determinada. De igual forma (Perdomo del aguila, 2017) reporto los valores de luminosidad de 40.19 a 41.42 el cual no presento diferencia significativa ni una tendencia determinada.

Coordenada a^*

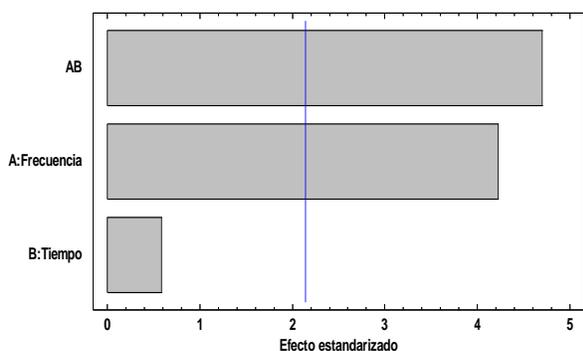
En la tabla 22 (Anexo 3), se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada a^* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza

($\alpha < 0.05$) sobre la coordenada a^* . Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada a^* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

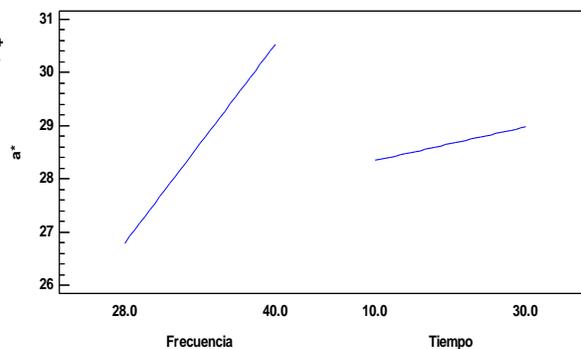
Figura 22:

Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada a^ de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido*

a) Diagrama de Pareto



b) Grafica de interacción



En la figura 22a) se puede evidenciar que el factor frecuencia (A) y la interacción (AB) son los que influyen significativamente al 5% en la coordenada a^* , mientras que, el factor tiempo (B) no influye en la coordenada a^* . En la figura 22b) se evidencia que a mayor frecuencia ultrasónica el color de la coordenada a^* tiende a aumentar, sin embargo, a menor frecuencia ultrasónica tiende a disminuir al aplicar un tiempo de exposición de 30 minutos.

La coordenada a^* a 28 kHz se obtuvieron valores de 28.82 a 24.36 esta tendencia no mostro efecto significativo (tabla 16), mientras a 40 kHz se obtuvieron valores de 28.76 a 34.48, estas tendencias mostraron efecto significativo. Según (Gomez, 2022), realizo un análisis por colorimetría en zumo de mango ciruelo tratado con ultrasonido, concluyendo que los valores de la coordenada a^* oscilan entre 0.323 a 0.677 mostrando efecto significativo, pero ligeramente sin que está presente una tendencia definida. De igual forma (Perdomo del aguila, 2017) reporto los valores de la coordenada a^* de 0.37 a 0.53 el cual presenta una mínima diferencia significativa.

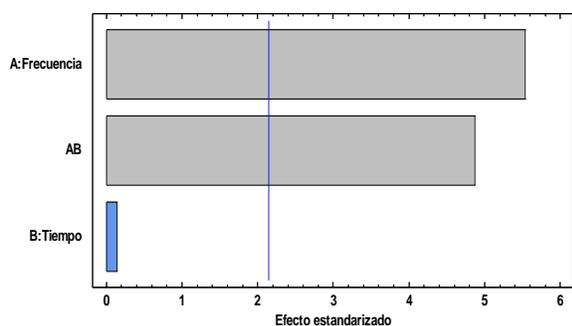
Coordenada b^*

En la tabla 23 (Anexo 3), se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada b^* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ($\alpha < 0.05$) sobre la coordenada b^* . Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada b^* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

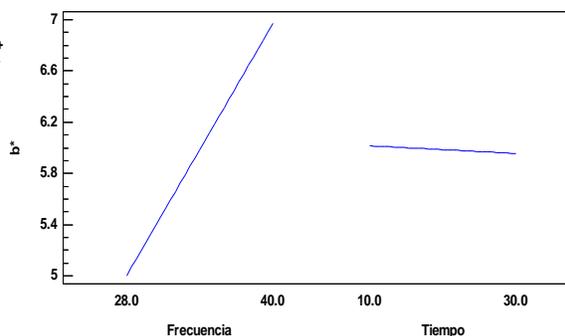
Figura 23:

Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada b^ de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido*

a) Diagrama de Pareto



b) Grafica de interacción



En la figura 23a) se puede evidenciar que el factor frecuencia (A) y la interacción (AB) son los que influyen significativamente al 5 % en la coordenada b^* , mientras que, el factor tiempo (B) no influye en la coordenada b^* . En la figura 23b) se evidencia que a mayor frecuencia ultrasónica el color de la coordenada b^* tiende a aumentar, sin embargo, a menor frecuencia ultrasónica tiende a disminuir al aplicar un tiempo de exposición de 30 minutos.

La coordenada b^* a 28 kHz se obtuvieron valores de 5.91 a 3.74 esta tendencia no mostro efecto significativo (tabla 16), mientras a 40 kHz se obtuvieron valores de 6.33 a 8.39, estas tendencias mostraron efecto significativo. Según (Gomez, 2022), realizo un análisis por colorimetría en zumo de mango ciruelo tratado con ultrasonido, concluyendo que los valores de la coordenada b^* oscilan entre 12.33 a 15.81, de modo que concluye no tener una tendencia

determinada. De igual forma (Perdomo del aguila , 2017) reporto los valores de la coordenada b^* de 10.40 a 14.17, donde los autores infieren que no existe diferencia significativa.

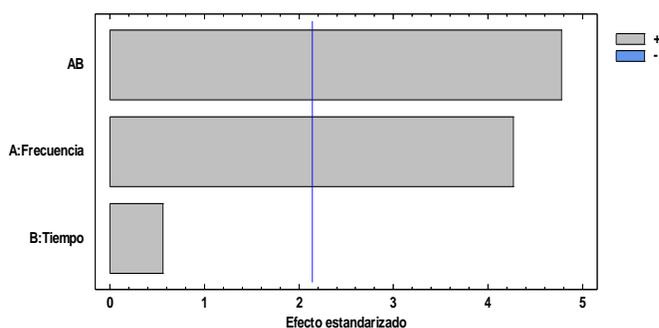
Coordenada C^*

En la Tabla 24 (Anexo 3), se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada C^* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ($\alpha < 0.05$) sobre la coordenada C^* . Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada C^* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

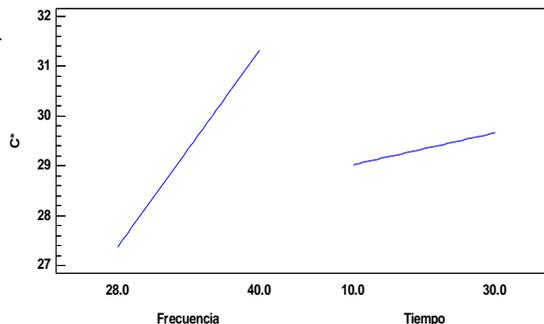
Figura 24:

Resumen de las figuras estadísticas de la coordenada C^ de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido*

a) Diagrama de Pareto



b) Grafica de interacción



En la figura 24a) se puede evidenciar que el factor frecuencia (A) y la interacción (AB) son los que influyen en la coordenada C^* , mientras que, el factor tiempo (B) no influye en la coordenada C^* . En la figura 24b) se evidencia que a mayor frecuencia ultrasónica el color de la coordenada C^* tiende a aumentar a medida que aumenta el tiempo de exposición, sin embargo, a menor frecuencia ultrasónica tiende a disminuir al aplicar un tiempo de exposición de 30 minutos. Con respecto al color tratado mediante baños de ultrasonido existen pocas investigaciones, ya que es importante ver o identificar como fue influyendo el color conforme a las longitudes de ondas del ultrasonido a distintos tiempos de exposición.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación “Aplicación del ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) piña (*Ananas comosus* L.).” concluye con lo siguiente.

- Para la elaboración de la bebida de mashua negra y piña se utilizó 65.82 gr de pigmento concentrado de mashua negra para la cantidad total de muestra del presente estudio, logrando evitar la sedimentación de la bebida sometida a ultrasonido.
- La influencia de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición, sobre la inactivación de mohos y levaduras tiene efecto significativo al ($p < 5\%$), la inactivación microbiológica (mohos y levaduras) aumenta a medida que se aumenta el tiempo de exposición en las dos frecuencias ultrasónicas. Obteniendo una reducción mayor de 1.15 ciclos logarítmicos a los 30 minutos de exposición y a una frecuencia ultrasónica de 28 kHz.
- La frecuencia ultrasónica y el tiempo de exposición no influyen significativamente al ($p > 5\%$) en las variables de respuesta de color y sabor; en cuanto al olor tiene efecto significativo al ($p < 5\%$) solo en la frecuencia ultrasónica. Los tratamientos que tuvieron buena aceptabilidad por los panelistas fueron T4 con respecto a sabor y color y para el olor el tratamiento T5.
- En las características fisicoquímicas los factores de estudio tienen efecto significativo al ($p < 5\%$), en las variables de respuesta, es así, se observa que el pH aumenta, a 28 kHz de 3.23 a 3.32, a 40 kHz 3.30; °Brix tiende a aumentar debido a que aumenta de 28 a 40 kHz y tiempo de exposición de 10 a 30 min, y con respecto al color se pudo evidenciar que a una frecuencia de 28 kHz las coordenadas L^* , a^* , b^* y C^* tienden a disminuir, mientras que a mayor frecuencia (40 kHz) tienden a aumentar las coordenadas de L^* , a^* , b^* y C^* a medida que aumenta el tiempo de exposición.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudio de vida útil de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) al ser sometido a ultrasonido.
- Evaluar el efecto del tiempo (10 min, 20 min y 30 min) y frecuencia de exposición (28 y 40 kHz) sobre la antocianinas y vitamina C, de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)
- Realizar estudios de los componentes bioactivos del pigmento de mashua negra utilizando la misma metodología del presente estudio de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Morales, J. (2012). *Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf* (Primera edición).
http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf
- Alonso, L., & Poveda, J. (2008). *Estudio Comparativo de Tecnicas de Recuento Rapido en el Mercado y Placas Petrifilm TM 3m para el Analisis de Alimentos*. Bóбота.
- Almudena , S. (2017). studocu. Obtenido de control de los microorganismos:
<https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-alcala/microbiologia/tema-9-control-de-los-microorganismos/2735669>
- AOAC. (2005). *Official Method Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices.*
- AOAC 931.12. (2005). *AOAC Official Method 931.12.*
- AOAC 981.12. (2005). *AOAC Official Method 981.12.*
- Arevalo Cruz, J. (2018). Aplicación de irradiación UV-C, ozono y ultrasonido de baja frecuencia como métodos alternativos a la pasteurización en jugo de piña con espinaca. *Universidad Nacional Autónoma de México, Vol. 3, 7*. Recuperado el 12 de Julio de 2023, de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/9/91.pdf>
- Arias, M. M. (2011). "Análisis y comparación de glucosinolatos presentes. *Tesis para optar titulo de magister en Ciencias Químicas Universidad de Colombia Bobota*.
- Arocas, A., Fiszman, S., Sanz Taberner, T., & Hernando, I. (2011). *Efectos del procesamiento, congelación y recalentamiento en la calidad de salsas blancas elaboradas con distintos almidones*. Universidad Politécnica de Valencia CSIC - Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10261/334695>

- Piyasena, P. (2003). Inactivación de microbios mediante ultrasonido. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160503000758?via%3Dihub>
- Box, George, E., Hunter, W., & Hunter, J. (1978). *Diseño Experimental y Analisis de Varianza*. New York, New York: Wiley series in probability and mathematical statistics. doi:0471093157
- Cajilima, C. (2014). *Incorporacion de la Harina de Papa China (Colocasia Esculenta) como Fuente de Componentes Bioactivos en la Elaboracion de una Bebida Lactea Funcional*. Riobamba, Ecuador .
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., & Fernández-López, J. (1995). Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International*, 28, 373-377. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/096399699500008A>
- Calderón, J., Luviano, L., Marroquin, A., & Maqueda, V. (2019). *Sonido, Ultrasonido y Cavitación*. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Legaria, Mexico.
- Cammarata, G. E. (2010). Conservación de alimentos por irradiación. Programa de difusión pública. Departamento de Investigaciones.
- Campos, D., D Noratto, G., Chirinos, R., & Arbizu, C. (Agosto de 2006). Capacidad antioxidante y metabolitos secundarios en cuatro especies de tubérculos andinos: papa nativa, Mashua, Oca y ulluco. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 1481-1488. doi:10.1002 / jsfa.2529
- Carbonel, J. (1973). *Estudio de la Elaboración y Almacenaje de pupa y de néctares de Guayaba (Prediun guayaba)*. Universidad Agraria La Molina. Lima.

- Cárcel, J. (2003). *Influencia de los ultrasonidos de potencia en procesos de transferencia de material*. España.
- Chaveste, S. (2006). *Uso de Ultrasonido como Técnica Alternativa en la Desinfección de Vegetales*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Estado de México, Mexico.
- Chiralt Boix, A., Martínez Navarrete, N., González Martínez, C., Tolens Oliag, P., & Moraga Ballesteros, G. (2007). *Propiedades físicas de los alimentos*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- CIP. (2013). Pimer simposio peruano de productos naturales.
- CODEX CXS 247. (2005). NORMA GENERAL PARA ZUMOS (JUGOS) Y NÉCTARES DE FRUTAS. *Codex Alimentarius*, 22. Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247s.pdf
- Coronado Trinidad, M., & Hilario Rosales, R. (2001). *Procesamiento de Alimentos para Pequeñas y Micro Empresas Agroindustriales*. Lima-Peru: 1. Obtenido de https://www.academia.edu/11050519/procesamiento_de_alimentos_para_peque%C3%91as_y_micro_empresas_agroindustriales
- Coronado, M., & Hilario, R. (2001). *Elaboración de néctar. Procesamiento de alimentos para pequeñas empresas y microempresas*. Centro de investigación, Educación y Desarrollo, Lima.
- Delgado, J. O. (2012). Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 6, 141. <https://doi.org/10.22490/25394088.1098>

Diplomado en Ultrasonografía Médica. (2014). *Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos*. Médica capacitación. México: Diplomado en Ultrasonografía. Recuperado el 01 de Septiembre de 2021, de <https://diplomadomedico.com/ultrasonido-y-sus-aplicaciones-en-el-procesamiento-de-alimentos/>

Equipos y Laboratorio de Colombia. (15 de Abril de 2022). *Articulos*. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de Que son los Grados Brix: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-son-los-grados-brix>

Es Ciencia. (27 de Octubre de 2021). *Es Ciencia*. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de Que es el pH: <https://www.youtube.com/watch?v=5CdL1UVrXqc>

Espinosa Manfugas, J. (2007). *Evaluacion sensorial de los Alimentos*. La Habana: Dr. C. Ra 1 G. Torricella Morales. Obtenido de <https://docplayer.es/42987261-Evaluacion-sensorial-de-los-alimentos-dr-c-julia-espinosa-manfugas.html>

Fernandez Bao, S. (Julio de 2020). *Trabajo de fin de master*. Recuperado el 02 de Junio de 2023, de Diseño de experimentos:Diseño factorial: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1

Fernández-, J., Barbosa, G., & Swanson, B. (2001). *tecnologias emergentes para la conservacion de los alimentos sin calor*. España.

Ferrario, M., & Guerrero, S. (2016). estudio de la inactivación de microorganismos deteriorativos en jugos de manzana y melón tratados por luz pulsada y ultrasonido. *Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.*, 9.

- George, W. (2000). Experimento. Obtenido de https://es.wikiquote.org/wiki/George_Wald
- Gilabert, E. J. (2007). *Medida de la luz y el color*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gomez Zapata, G. M. (2022). “*Efecto del tratamiento con ultrasonido en zumo de mango ciruelo (Spondias mombin) sobre las propiedades fisicoquímicas, inactivación enzimática y contenido de vitamina C*”. Sullana- Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA. Recuperado el 12 de Julio de 2023, de <https://repositorio.unf.edu.pe/bitstream/handle/UNF/211/TESIS%20-%20Gomez%20Zapata%2c%20Guido%20Martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Analisis y diseño de experimentos*. Mexico, Bogota, Buenos aires, Caracas, Guatemala, Lisboa, Madrid, Nueva York, San juan, Santiago, Auckland, Londres, Milan, Montreal, Nueva delhi, San Francisco, Singapur, San Luis, Sidney y Toronto: 2da Edicion. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- Hernandez Alarcon , E. (2005). *Evaluación sensorial*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y Adistancia– UNAD. Recuperado el 14 de Septiembre de 2021
- Herrera Ponce, A. L. (2020). *Aplicación de ultrasonido de alta intensidad en la formulación de una bebida funcional de Lactosuero-avena*. [Universidad Autónoma de Chihuahua]. <http://repositorio.uach.mx/311/1/Tesis.pdf>
- Hiraoka, W., Honda, H., Feril Jr., L., Kudo, N., & Kondo, T. (2006). Comparison between sonodynamic effect and photodynamic effect with photosensitizers on free radical formation and cell killing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(Issue 6), 535-542. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2005.10.001>

Hoover, G. (2000). *Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies*.

INACAL. (2022). *Lineamientos para la evaluación sensorial*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4073343/GQSP%20PERU%CC%81%20-%20Gui%CC%81a%20116%20-%20NTP%20107.311-2021%20CHOCOLATE.%20Lineamientos%20para%20la%20evaluacio%CC%81n%20s sensorial%20de%20chocolate%20%281%29.pdf.pdf>

INDECOPI. (1971). *Protección del consumidor*. 15.

Interiano, E. (2015). *Refractometría*. Obtenido de slideplayer: <https://slideplayer.es/slide/3171754/>

Iriarte, M. (1987). *Estudio Químico -Bromatológico del fruto de Averrhoa carambola L. y contribución a la elaboración de néctar*. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Un Lee, D. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Elsevier*, 15, 261-266. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224403003066>

Kremkau, E. (2002). Ultrasonic detection of cavitation at catheter tips. *Am J Roentgenol*.

LARROSA. (13 de Abril de 2020). *Larrosa*. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de Que son los grados Brix y como medirlos: <https://www.larrosa-arnal.com/blog/que-son-los-grados-brix-y-como-medirlos/>

Lana, M., Tijssens, L., & van Kooten, O. (2006). Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis. *Elsevier*, 77, 871-879. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877405005662>

- Liua, Q., Tarnb, R., Lynch, D., & Neil M. , S. (2007). Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry*, 105, 897-907. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.034>
- Liria Domínguez, M. R. (2007). *Guia para la evaluacion sensorial de alimentos*. <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- Lopez Malo, A., & Palou, E. (2005). Ultraviolet light and food preservation. Novel food processing technologie. 405-422.
- López, A., Figueroa, J., Mendoza, A., Martínez, H., Ramírez, B., Morales, E., & Garcia, I. (2006). *The Ultrasound Technique for Predicting Wheat Quality on Single Kernels*.
- Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Ramirez, C., Chavez, O., Tay, D., & Ellis, D. (2013). *Tropaelum tuberosum Ruíz & Pav. Catálogo de la colección de germoplasma de mashua (Tropaelum tuberosum Ruíz & Pav.) conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP)*. Centro Internacional de la Papa. <https://doi.org/10.4160/9789290604310>
- Maldonado1, M., Aguilar , C., Carvajal, F., Gonzales, G., & Klotz, B. (2011). *Aproximación al Mecanismo de Inactivación de Escherichia coli Por Ondas de Ultrasonido de Alta Intensidad*. Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Colombia.
- Mason, T. (1998). *Power ultrasound in food processing the way forward*. EE.UU.
- Mayoral Alvarez , S., & Reyes Gonzalez, D. (14 de Abril de 2018). *Ciencias naturales/Ciencias biológicas/Microbiología*. Recuperado el 13 de Junio de 2023, de Que son los microorganismos: <https://conogasi.org/articulos/que-son-los-microorganismos/>

- Medina, C., & Herrera Sanchez, S. E. (08 de Abril de 2016). *Microbiología de alimentos*. Obtenido de Cinetica de inactivacion de Microorganismos : <https://es.scribd.com/document/307401796/15-Cinetica-Inactivacion-Por-Calor#>
- Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Elsevier*, 41, 285-295. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521406001116>
- Minolta, M. o. (1998). *Precise color communication. Color control from preception to instrumentation.*
- MINSA. (2008). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. R.M.N° 591-.
- Morató, N. G. (13 de Agosto de 2008). *Consumer*. Recuperado el 15 de Junio de 2022, de El color natural de los alimentos: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-color-natural-de-los-alimentos.html>
- NTP 203.110. (2009). *Jugos, Nectares y Bebidas de fruta*. Lima-Peru: 1ª. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de <https://vsip.info/ntp-203110-2009-jugos-nectares-bebidas-frutas-pdf-pdf-free.html>
- NTP 203.110:2022. (2022). *Jugos, nectares y bebidas de fruta*. Peru: INACAL.
- NTP 203.111:2021. (s.f.). *Instituto Nacional de Calidad*. Obtenido de Inacal promueve requisitos de calidad en la elaboración de los refrescos: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/574959-inacal-promueve-requisitos-de-calidad-en-la-elaboracion-de-los-refrescos>
- Normas APA (7ª edición). (2020). *Guía Normas APA*. 57. doi://doi.org/10.1037/0000165-000

- Obregon, A. (2017). *Placa 3M™ Petrifilm™ para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras*. Mexico: 3M, Ciencia. Aplicada a la Vida. Recuperado el 05 de Junio de 2023, de <https://multimedia.3m.com/mws/media/1409680O/guia-interpretacion-petrifilm-hongos-y-levaduras-rapida.pdf>
- Ortuño, M. (1996). *Física para biología, medicina, veterinaria y farmacia*. España.
- Urrelo Velez, P. C. V. (2010). “*Evaluación microbiológica y cuantificación de antocianinas en el extracto acuoso de la coronta de maíz morado (Zae mays L.) tratado por ultrasonido*”. 69.
- Perdomo del aguila , V. C. (2017). *Efecto de Tiempo de Exposición al Ultrasonido (40 kHz) en las Características Físicoquímicas, Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas y Aceptabilidad General de la Pulpa de Mango (Mangifera indica L.) Variedad Edward*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3583/1/re_ind.alim_vanessa.perdomo_exposicion.al.ultrasonido_datos.pdf
- Pérez Rodríguez, C. V. (2019). Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae). *Arnaldoa*, 26(1). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26113>
- PETRIFILM, 3. (2015). *Manualslib*. Recuperado el 2023, de FOOD SAFETY: <https://www.manualslib.mx/manual/572795/3M-Petrifilm-6475.html?page=23#manual>
- Piyasena, P., Mohareb, E., & McKellar, R. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87:207-2016.

- Porras, O., González, G., Castellanos, A., Ballesteros³, J., & Pacheco, M. (2011). *Efecto de la Aplicación de Ondas de Ultrasonido Sobre las Propiedades Fisicoquímicas, Reológicas y Microbiológicas de Pulpa de Mango (Mangifera indica L.) Variedad Común*. Escuela de Ingeniería Agroindustrial- Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Barrancabermeja-Santandé.
- Ponce de Leon Gonzales, S. (2019). *Efecto del tiempo de exposición con ultrasonido en el contenido de vitamina C, sólidos solubles, acidez y recuento de mesófilos en la pulpa de Camu camu (Myrciaria dubia)*. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Recuperado el 12 de Julio de 2023, de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4947/1/re_ali_sasha.ponce_recuento.mesofilos.camucamu_datos.pdf
- RAE. (2022). *Color*. Obtenido de Real Academica Española: <https://dle.rae.es/color>
- Reglamento Técnico Centroamericano. . (2005). *Alimentos y Bebidas Procesados*.
- Reina, E. (2018). *Mohos y Levaduras*. Obtenido de slideplayer: <https://slideplayer.es/slide/11783793/>
- Rivas Serna, I. (2007). *Ultrasonido en los Procesos de Conservación de Alimentos Líquidos*. Atizapán de Zaragoza, Estado de México.
- Rivas Serna, R. M. (2007). *Ultrasonido en los Procesos de Conservación de Alimentos Líquidos*. 131.
- Robles Ozuna, L. E., & Ochoa Martínez, L., A. (2012). *Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos*. 13, 109-122.
- Salas, C. (1974). *Estudio sobre el procesamiento y almacenamiento de la pulpa y*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

- Santiago Mejia , C., & Vega Mendoza, E. (2018). *Determinación de los Modelos Reológicos Asociados a una Bebida Mix “Piña (Ananas comosus)-Mashua Negra (Tropaeolum tuberosum)”*. Huanuco- Peru.
- Şahin Ercan, S., & Soysal, Ç. (2013). Use of ultrasound in food preservation. *Scientific Research*, 5, 8B. doi:10.4236/ns.2013.58A2002
- Sobrado Gomez, A. (2019). *Modelos Reológicos Asociados al Néctar*. Callao- Peru: Universidad Nacional del Callao.
- Tapia, M. (1990). .Los tubérculos andinos. Avances en la investigación. Proyecto INIA A CIID ACDI,.
- Tucto S. , E. T. (2019). *Aplicación de Ultrasonido en la Obtención de Bebida de Arándano (Vaccinium corymbosum) Para Prolongar su Vida Útil”*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- UPAEP. (2014). *Análisis sensorial*. Recuperado el 01 de Junio de 2023, de https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf
- Vásquez, A. (2015). *Estimación de las coordenadas CIEL*a*b concentrados de tomate utilizando imágenes digitales*. Colombia.
- Zou, Y., & Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology*, 36(1), 111-115. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0061>
- Zou, Y., Xie, C., Fan, G., Gu, Z., & Han, Y. (2010). Optimization of ultrasound-assisted extraction of melanin from Auricularia auricula fruit bodies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 611-615. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.002>
- 3M PETRIFILM^TM. (2015). *Ficha Técnica de Recuento de Mohos y Levaduras*.

ANEXOS

Anexo 1:

Diagramas de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido/obtención del pigmento de mashua negra

Figura 25:

Diagrama de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización

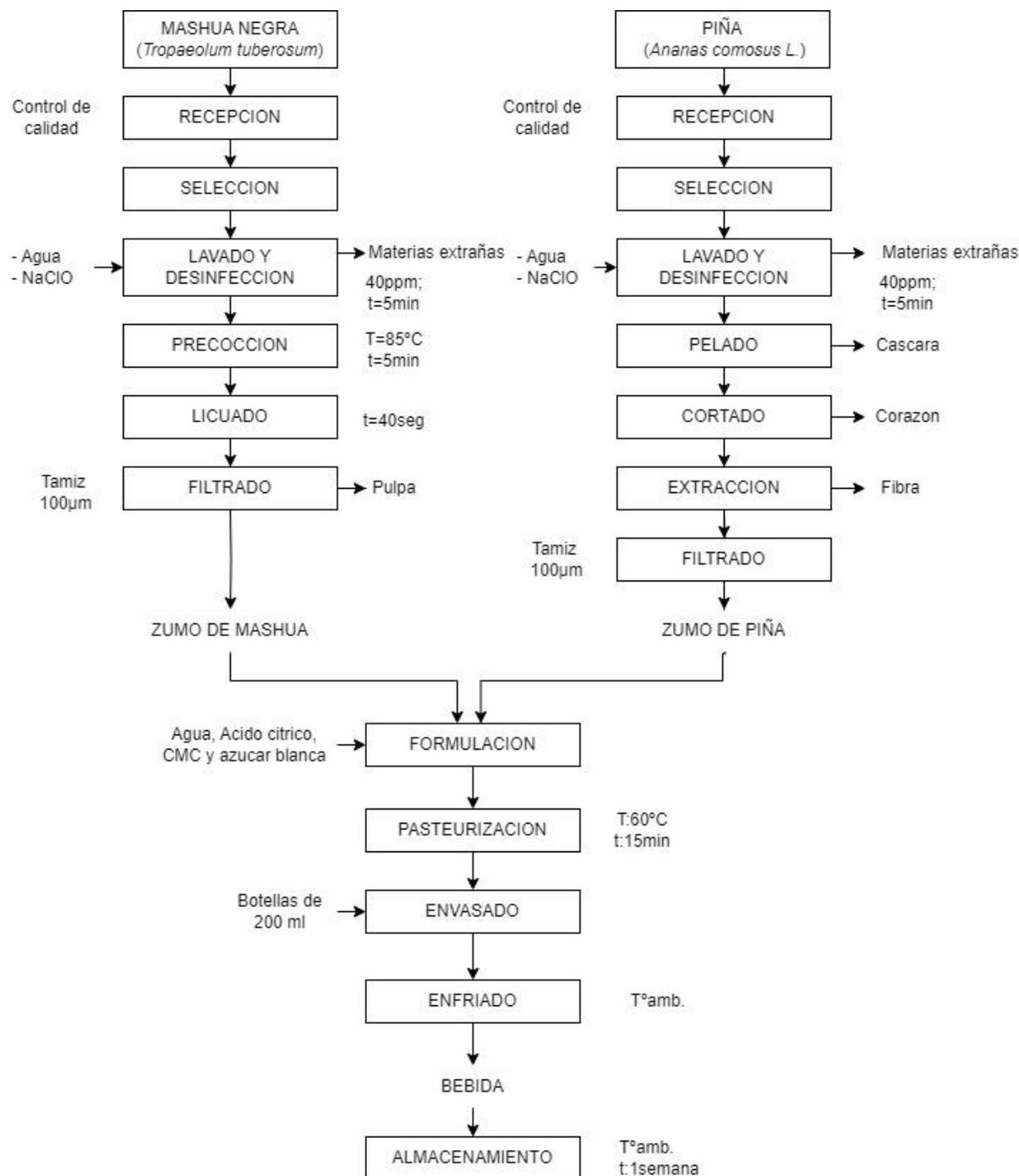


Figura 26:

Diagrama de bloque de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por ultrasonido

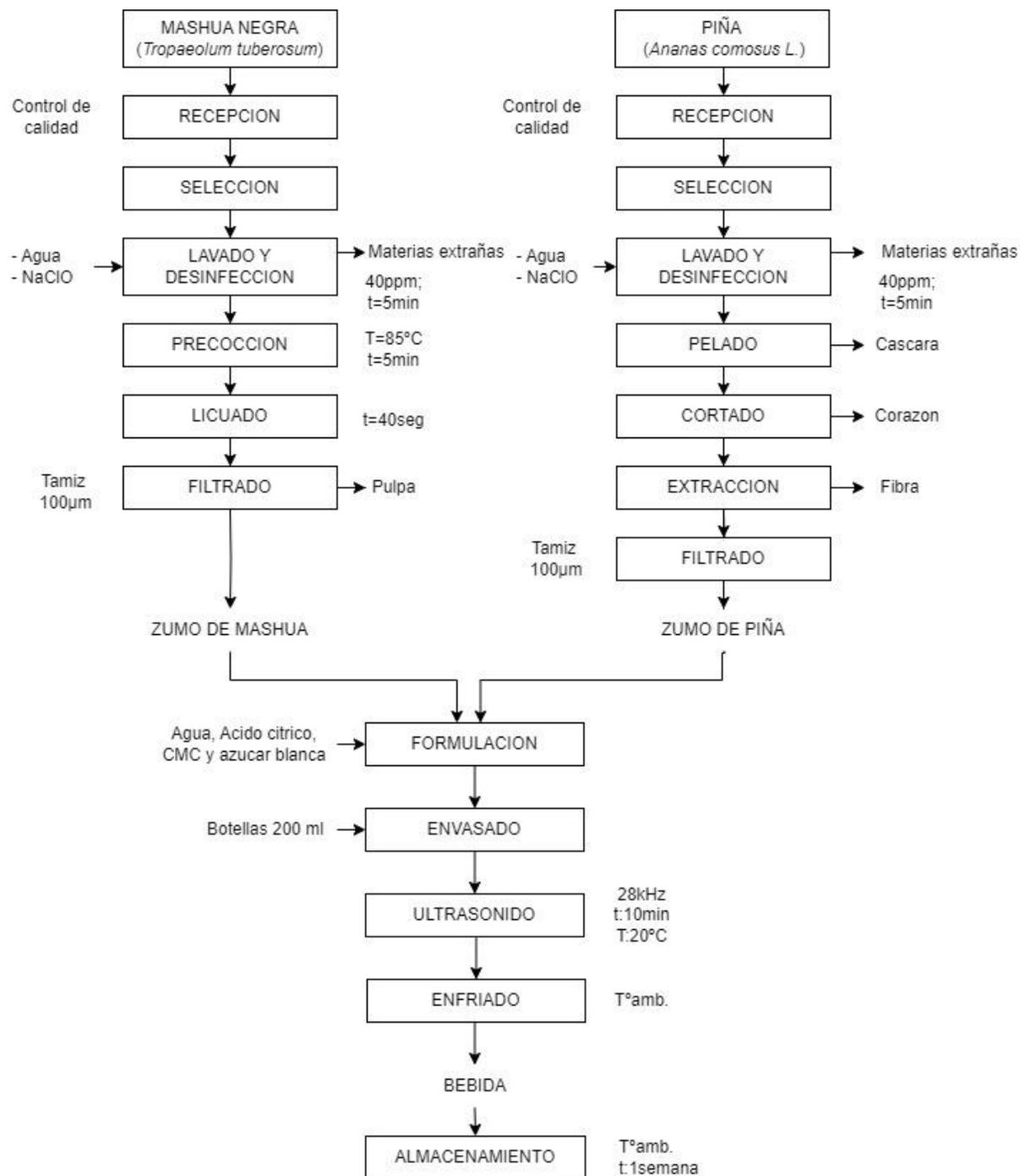


Tabla 17:

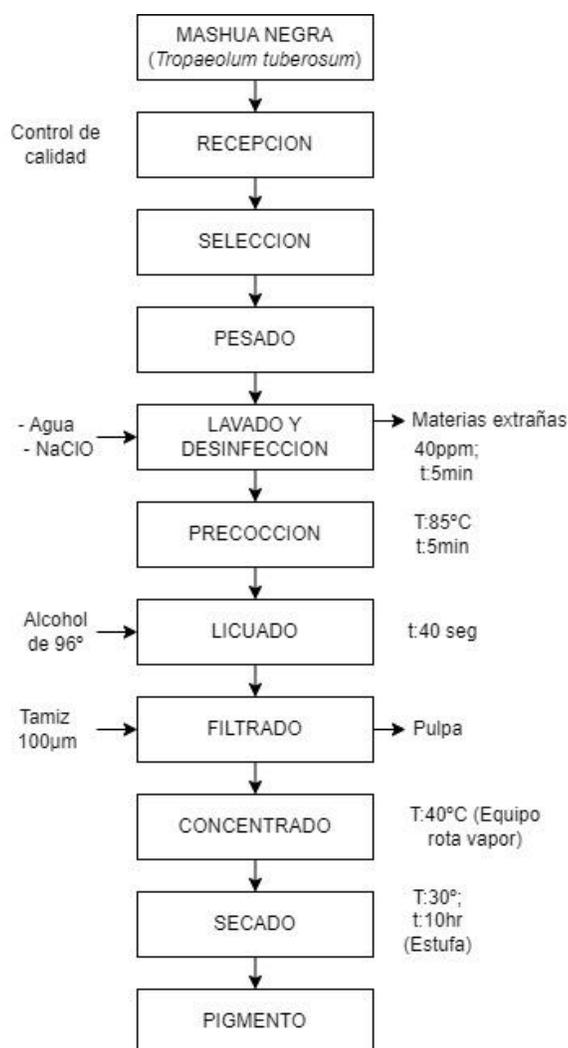
Fórmula para la elaboración de la bebida de mashua negra y piña

Ingredientes	Tratamiento	Unidad
Zumo de mashua negra	400	ml
Zumo de piña	600	ml
Agua	1000	ml
Azúcar	180	gr.
CMC	3	gr.
Ácido cítrico	2.2	gr.

Nota: (Santiago & Vega, 2018)

Figura 27:

Diagrama de bloque de la extracción del pigmento mashua negra



Anexo 2:*Evaluación Sensorial de la bebida de mashua negra y piña*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

BEBIDA DE MASHUA NEGRA Y PIÑA SOMETIDA A ULTRASONIDO

NOMBRE:.....

FECHA:..... EDAD:.....

INDICACIONES:

Frente a usted se le presenta 6 muestras codificadas, de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido, evalúe los atributos de color, olor y sabor. Indique el grado de aceptabilidad con la ayuda de la escala hedónica presentada:

Escala	Puntaje
Me gusta mucho	5
Me gusta ligeramente	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta ligeramente	2
Me disgusta mucho	1

!!!ATENCIÓN!!! ...PARA PASAR DE UNA MUESTRA A OTRO ENJUAGUE SU BOCA CON AGUA

ATRIBUTO MUESTRA	COLOR	OLOR	SABOR
478			
530			
634			
937			
105			
715			

OBSERVACIONES:

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!!!!

Donde:

T1: Frecuencia ultrasónica: 28 kHz Tiempo de exposición: 10 min CODIFICADO: 634

T2: Frecuencia ultrasónica: 28 kHz Tiempo de exposición: 20 min CODIFICADO: 530

T3: Frecuencia ultrasónica: 28 kHz Tiempo de exposición: 30 min CODIFICADO: 937

T4: Frecuencia ultrasónica: 40 kHz Tiempo de exposición: 10 min CODIFICADO: 715

T5: Frecuencia ultrasónica: 40 kHz Tiempo de exposición: 20 min CODIFICADO: 478

T6: Frecuencia ultrasónica: 40 kHz Tiempo de exposición: 30 min CODIFICADO: 105

25	4	4	4	4	4	4	24	3	3	3	3	5	3	20	4	5	3	5	5	4	26
26	4	4	4	4	4	4	24	4	4	4	5	4	3	24	5	5	5	4	5	5	29
27	4	4	4	4	5	4	25	3	3	3	4	5	3	21	3	3	5	5	5	4	25
28	4	5	5	4	4	4	26	3	4	4	4	4	5	24	4	5	5	5	5	5	29
29	4	5	5	3	5	4	26	5	3	5	5	4	4	26	4	5	5	4	5	4	27
30	4	5	4	5	4	5	27	3	5	4	3	4	3	22	3	4	3	3	3	4	20
31	3	3	3	3	3	4	19	4	4	3	3	4	3	21	4	5	4	5	5	5	28
32	4	4	3	4	4	3	22	3	3	3	4	4	3	20	3	4	3	3	4	3	20
33	3	3	3	5	3	3	20	3	3	4	3	4	3	20	4	4	5	5	4	3	25
34	4	4	5	4	3	5	25	5	4	5	5	4	3	26	4	5	5	5	4	4	27
35	4	4	4	4	4	4	24	4	4	4	3	4	3	22	5	5	4	4	4	4	26
36	4	4	4	4	4	4	24	5	3	5	4	4	4	25	3	5	3	5	4	4	24
37	4	3	3	3	3	4	20	4	3	4	4	4	3	22	5	3	4	3	3	3	21
38	4	4	4	4	5	3	24	3	4	4	5	4	3	23	3	4	5	5	4	3	24
39	5	4	4	5	4	5	27	5	4	3	5	4	5	26	5	3	3	5	4	5	25
40	4	4	4	4	4	4	24	3	3	4	3	4	3	20	3	3	4	3	3	4	20
41	5	5	3	4	4	3	24	5	4	4	3	5	3	24	5	4	3	3	4	3	22
42	4	5	5	5	5	4	28	5	4	5	5	5	4	28	5	5	5	5	5	5	30
43	4	3	3	4	3	4	21	3	3	3	3	4	4	20	4	4	3	3	4	4	22
44	4	3	4	4	4	4	23	3	3	4	5	4	5	24	3	3	4	5	3	4	22
45	5	3	4	4	4	3	23	3	3	3	3	3	3	18	5	4	5	5	5	5	29
46	3	4	3	4	3	4	21	3	5	3	4	4	4	23	3	4	4	4	5	3	23
47	3	5	4	3	4	5	24	5	3	3	3	3	3	20	5	3	5	3	5	3	24
48	4	4	5	4	5	4	26	3	5	5	4	5	4	26	4	5	4	4	5	3	25
49	4	5	4	5	5	5	28	5	4	4	5	4	4	26	4	4	4	3	5	5	25
50	5	4	4	4	4	4	25	5	3	4	4	5	3	24	4	3	3	3	3	4	20
Total tratamiento	199	200	200	205	202	203	1209	191	184	188	199	205	185	1152	199	202	200	210	207	196	1214
Promd. tratamientos	3.98	4	4	4.1	4.04	4.06	4.03	3.82	3.68	3.76	3.98	4.1	3.7	3.84	3.98	4.04	4	4.2	4.14	3.92	4.05

Anexo 3:

Características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña

Tabla 19:

Análisis de varianza de los valores de pH de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	0.00125	1	0.00125	2.24	0.1571
B:Tiempo	0.006075	1	0.006075	10.87	0.0053
AB	0.00700833	1	0.00700833	12.53	0.0033
Error total	0.00782778	14	0.000559127		
Total (corr.)	0.0221611	17			

Tabla 20:

Análisis de varianza de los valores de °Brix de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	0.0272222	1	0.0272222	1.10	0.3114
B:Tiempo	0.0133333	1	0.0133333	0.54	0.4745
AB	0.00333333	1	0.00333333	0.14	0.7188
Error total	0.345556	14	0.0246825		
Total (corr.)	0.389444	17			

Tabla 21:

Análisis de varianza de los valores de la coordenada L de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	17.8603	1	17.8603	9.90	0.0072
B:Tiempo	6.02083	1	6.02083	3.34	0.0892
AB	28.3361	1	28.3361	15.70	0.0014
Error total	25.2696	14	1.80497		
Total (corr.)	77.4869	17			

Tabla 22:

Analisis de varianza de los valores de la coordenada a de la bebida de mashua negra y piña con exposicion al ultrasonido*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	62.7573	1	62.7573	17.82	0.0009
B:Tiempo	1.19701	1	1.19701	0.34	0.5691
AB	77.6734	1	77.6734	22.06	0.0003
Error total	49.3001	14	3.52144		
Total (corr.)	190.928	17			

Tabla 23:

Analisis de varianza de los valores de la coordenada b de la bebida de mashua negra y piña con exposicion al ultrasonido*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	17.405	1	17.405	30.69	0.0001
B:Tiempo	0.0108	1	0.0108	0.02	0.8922
AB	13.4408	1	13.4408	23.70	0.0002
Error total	7.93921	14	0.567087		
Total (corr.)	38.7958	17			

Tabla 24:

Analisis de varianza de los valores de la coordenada C de la bebida de mashua negra y piña con exposicion al ultrasonido*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Frecuencia	69.935	1	69.935	18.24	0.0008
B:Tiempo	1.22241	1	1.22241	0.32	0.5813
AB	87.426	1	87.426	22.80	0.0003
Error total	53.692	14	3.83514		
Total (corr.)	212.275	17			

Anexo 4:

Balace de masa de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña

Figura 28:

Balace de masa y energía de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido

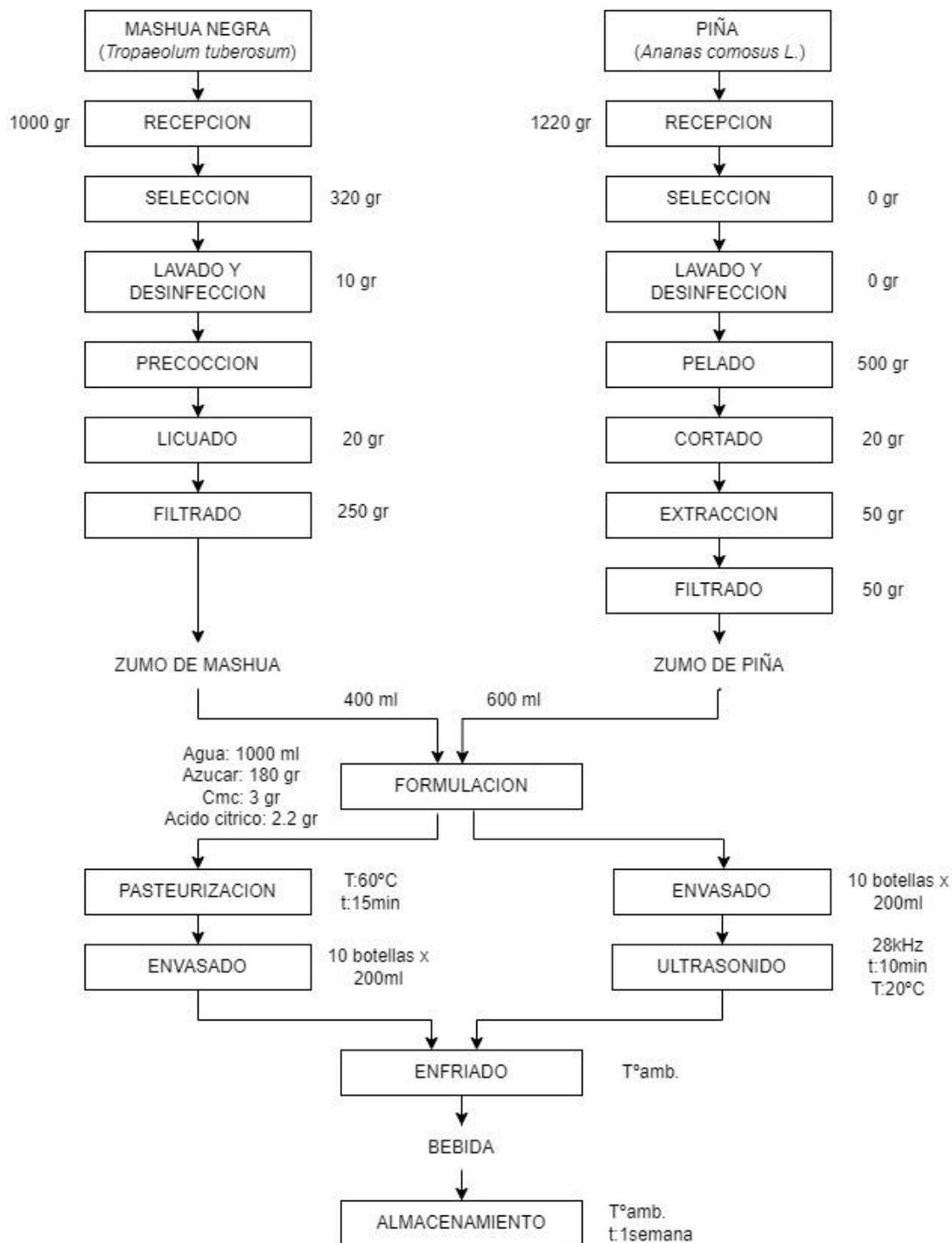


Tabla 25:

Resumen del balance de masa de la elaboración de la bebida de mashua negra y piña por pasteurización/ultrasonido

Materia prima e insumos	Entradas (Kg)	Perdida (Kg)	Salida (Kg)
Mashua negra	1000 gr	600 gr	400 ml
Piña	1180 gr	580 gr	600 ml
Agua	1000 ml		
Azúcar blanca	180 gr		
Cmc	3 gr		
Ácido cítrico	2.2 gr		
Total	3365.20 gr	1180 gr	1000 ml

Formulación	Entradas (Kg)	Perdida (Kg)	Salida (Kg)
Zumo de Mashua negra	400 ml		
Zumo de Piña	600 ml		
Agua	1000 ml	100 gr	2085.20 ml
Azúcar blanca	180 gr		
Cmc	3 gr		
Ácido cítrico	2.2 gr		
Total	2185.20 gr	100 gr	2085.20 ml

Determinación del Porcentaje de Rendimiento de la Bebida de Mashua Negra y Piña

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Producto final}}{\text{Materia prima}} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{2085.20}{2185.20} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 95 \%$$

Anexo 5:

Fotografía de la parte experimental de la Elaboración de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido por diferentes frecuencias y tiempo.

Foto 1:

Materia prima

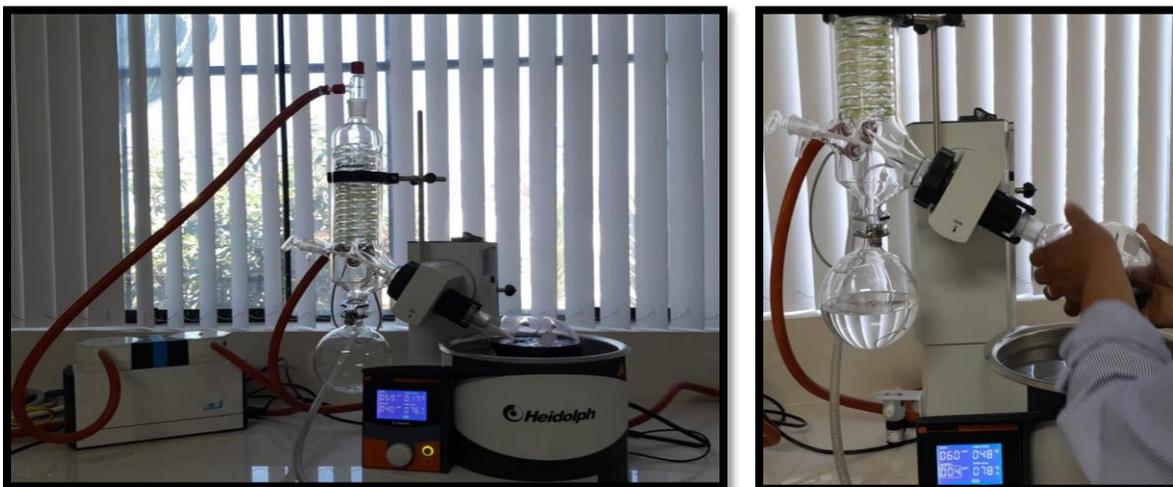


Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA; laboratorio de investigación e innovación – EPIA – UNSAAC

Fecha: Mayo del 2023

Foto 2:

Extracción del colorante (equipo rota vapor)

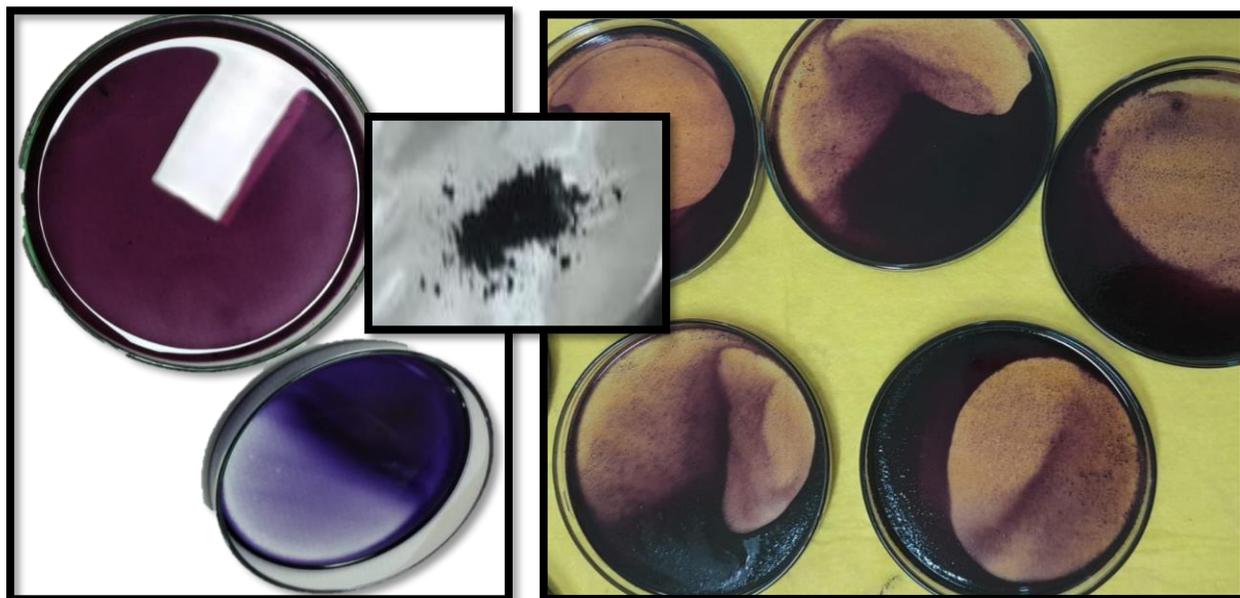


Lugar: Laboratorio de control de calidad – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 3:

Concentrado de pigmento



Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 4:

Pesado de insumos



Lugar: Laboratorio de investigación e innovación – EPIA – UNSAAC

Fecha: Mayo del 2023

Foto 5:

Mezclado del pigmento con la dilución de piña



Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA; laboratorio de investigación e innovación – EPIA – UNSAAC

Fecha: Mayo del 2023

Foto 6:

Equipo de ultrasonido



Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA; laboratorio de investigación e innovación – EPIA – UNSAAC

Fecha: Mayo del 2023

Foto 7:

Bebida de mashua negra y piña pigmentada con mashua negra



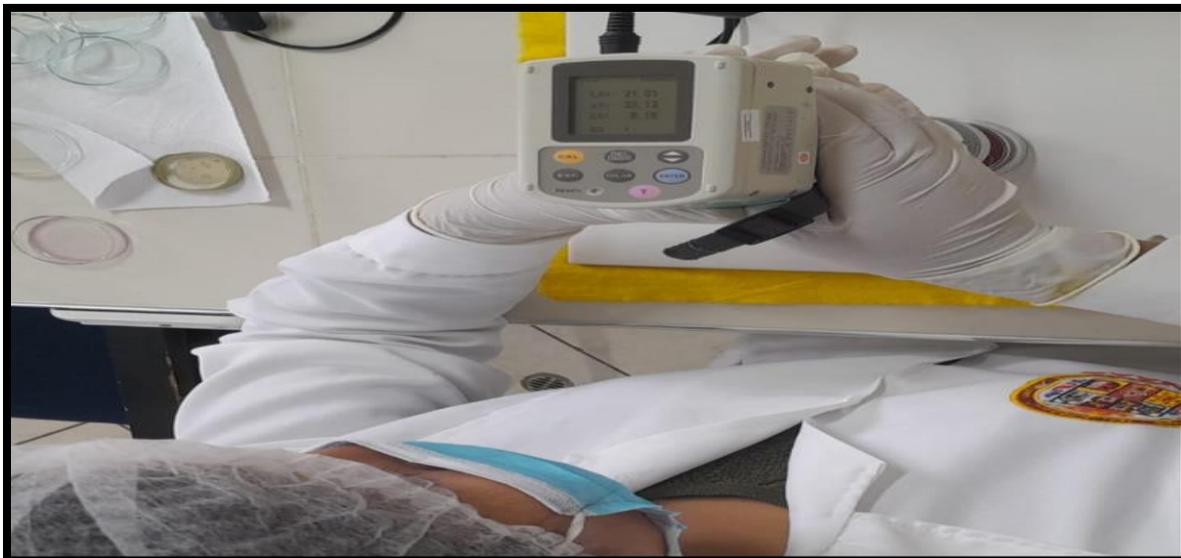
Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 8:

Medicina de características físico-químicas





Lugar: Laboratorio de propiedades físicas – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 9:

Sembrío de microorganismos



Lugar: Laboratorio de microbiología – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 10:

Incubadora a 37°C



Lugar: Laboratorio de microbiología – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 11:

Conteo de microorganismos

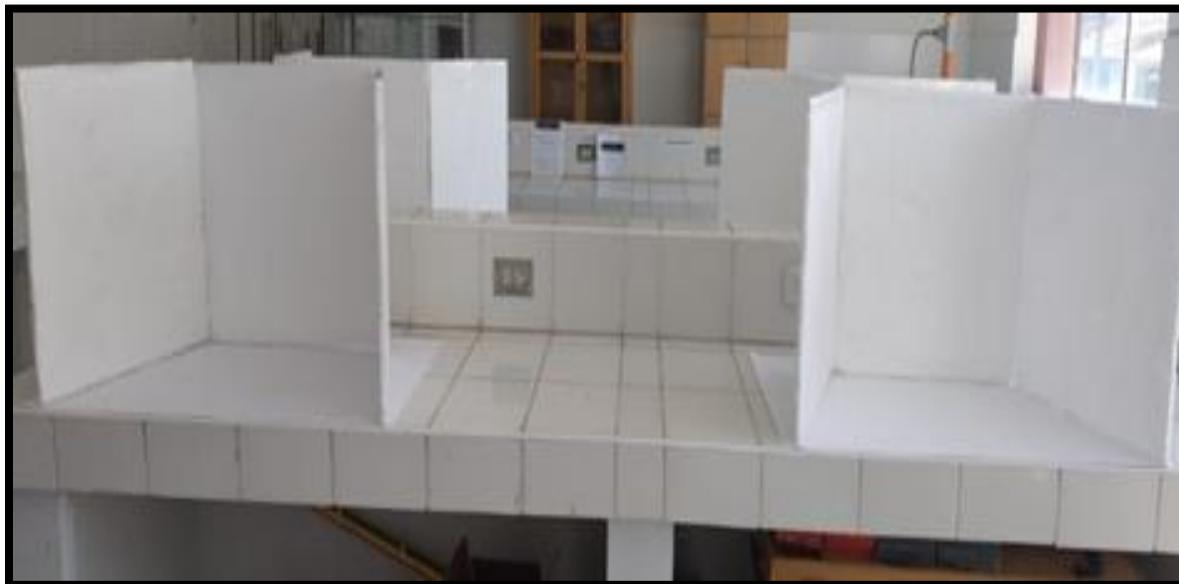


Lugar: Laboratorio de microbiología – EPIA – UNAJMA

Fecha: Mayo del 2023

Foto 12:

Reclutamiento de los panelistas y acondicionamiento de la sala de evaluación sensorial.



Lugar: Laboratorio de control de calidad – EPIA – UNSAAC

Fecha: Junio del 2023

Foto 13:

Aplicación de la evaluación sensorial a través de pruebas afectivas-escala hedónica verbal



Lugar: Laboratorio de control de calidad – EPIA – UNSAAC

Fecha: Junio del 2023



Lugar: Laboratorio de control de calidad – EPIA – UNSAAC
Fecha: Mayo del 2024