

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Evaluación del contenido y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de masato.

PRESENTADO POR:

Br. EDWIN JACK DIAZ BARTRA

ASESOR:

Dr. Ronald Marlon Lozano Reátegui

CO-ASESOR:

Dr. Mauro López Bardales

Yarinacocha – Ucayali

2023

ANEXO 16

ACTA DE CALIFICACION DE LA SUSTENTACION DE LA TESIS

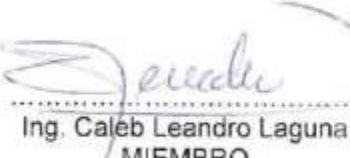
En la sala destinada para la sustentación de Tesis, campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en los ambientes del Laboratorio Poscosecha, siendo las 10:15 horas del día 21 de diciembre del año 2023, se reunió el Jurado de Tesis presidido por el **Dr. Erick Guitton Lozano**, e integrado por el **Ing. Caleb Leandro Laguna** y el **Ing. Darwin Josué Estacio Albornoz**, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **"EVALUACIÓN DEL CONTENIDO Y TIPO DE ALCOHOLES SUPERIORES DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA ELABORACIÓN DE MASATO"**, cuya responsabilidad corresponde al bachiller: **DÍAZ BARTRA, Edwin Jack**, a fin de optar el Título Profesional.

Terminada la sustentación, el autor de la Tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

Presidente	Dr. Erick Guitton Lozano	26
Miembro	Ing. Caleb Leandro Laguna	23
Miembro	Ing. Darwin J. Estacio Albornoz	24
PROMEDIO		24

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la Tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO..... asignándole un calificativo de 24..... puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.

Siendo las 12:30 horas del mismo día se dio por terminado el acto firmando los miembros del Jurado de Tesis en señal de conformidad.

 Dr. Erick Guitton Lozano PRESIDENTE	 Ing. Caleb Leandro Laguna MIEMBRO	 Ing. Darwin J. Estacio Albornoz MIEMBRO
---	--	---



*"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"*

CONSTANCIA

N°012 - 2023

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO Y TIPO DE ALCOHOLES SUPERIORES
DURANTE EL PROCESO FERMENTATIVO DE LA YUCA (MANIHOT
ESCULENTA) EN LA ELABORACIÓN DE MASATO.**

Cuyo autor es : **DIAZ BARTRA, EDWIN JACK.**

Facultad : **FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

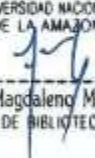
Escuela Profesional : **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de **similitud de 13%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que Si se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 31/01/2024

 **UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL
DE LA AMAZONIA - UCAYALI**

Dr. Mariano Magdaleno Mendoza Carlos
DIRECTOR DE BIBLIOTECA CENTRAL

La primera universidad intercultural del Perú

DEDICATORIA

Jamás creí que redactar unas líneas en las cuales expresara mis pensamientos y emociones de tal dedicado esfuerzo para lograr el anhelado título profesional sería complicado; es como si pidieran comprimir todo el volumen de agua de los mares y expresarlo en una sola gota; sé muy bien que el fluido en mención es incompresible. Sólo Dios podría hacerlo.

Dedico este trabajo a mi papá; el Sr. Edwin Diaz Méndez; quien con su ejemplo me demostró la importancia de leer libros y culturizarse, el trabajo duro para alcanzar grandes objetivos, la disciplina como cuña para fijar tus decisiones cuando el ímpetu de joven te sobrepase, el cansancio intente vencer, las penas estén por ahogar y hacer lo correcto se vuelva mal visto en nuestra actual sociedad.

Dedico este trabajo a mi mamá; la Sra. Cecilia Bartra Chávez; quien con su calidez enseñó a divertirme, también a compartir, a sonreír a la adversidad. Que utilizar palabras de grueso calibre no es sinónimo de faltar el respeto, en muchos casos y lugares es necesario, a ser perceptivo y expresivo sin llegar al extremo de la ridiculez o la victimización.

Dedico este trabajo a mi mujer, la Sra. Caroline Peña Rossmorrey; quien está a mi lado desde las dos terceras partes de mi vida tomando como referencia la fecha de redacción de esta dedicatoria 06/11/2023. ¡Pero que bella mujer!, su paciencia, humanidad, compromiso, esfuerzo, maternidad e ideales se combinaron con mi tan sutil carácter y nos permite continuar con un horizonte.

Ya para finalizar: Papá segundo, Abuelo Jorge, Tío Daniel y Tía Nery. Me hubiera agradado que lean estas líneas.

Siendo consciente que este título profesional no es un galón que se adiciona a la capona ni un letrero de superioridad ante los demás; éste título profesional es una herramienta para la contribución real de nuestra humanidad, humanidad que tanto nos necesita.

AGRADECIMIENTO

Saludos y Agradecimiento especial a:

Freddy Carrasco Sandoval, Erick Castillo Quezada, Andrés Alfaro Sánchez, Mauro López Bardales, Caleb Leandro Laguna y Ronald Marlon Lozano Reátegui.

Mentores en lo que respecta a responsabilidad social, microbiología, artes marciales, ensayos fisicoquímicos, ingeniería y compromiso con la agroindustria.

No alcanzará la página para mencionar a todas las personas que contribuyeron a mi desarrollo profesional, ya sea en aspectos tangibles e intangibles.

Tío Lucho, Tío Carlos, Tía Ebila, hermanos y amigos. Gracias.

Gracias dificultades, retos, desgaste, personajes antagonistas como los tan necesarios docentes universitarios que sólo son una pizca de la “adversidad del estudiante universitario”.

Agradecimiento a la empresa privada que permite la participación del personal en la solución de problemas y optimización de procesos en tiempo real. Dercosa, Natura Analítica, AG Industry y demás empresas.

Juan Martín y Julio sin su ayuda la cromatografía de gases no tuviera existencia en esta tesis.

“Si puedes curar, cura. Si no puedes curar, alivia. Si no puedes aliviar, consuela. Y si no puedes consolar, acompaña”.

Virginia Henderson.

Gracias Dios por todo.

Índice

	Pág.
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÒRICO	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Yuca	13
a. Generalidades	13
b. Clasificación taxonómica	13
c. Distribución geográfica	13
d. Usos	14
e. Composición química de la yuca	14
2.2.2. El masato	16
a. Formas de preparación de masato	16
b. Propiedades del masato	17
2.2.3. Bioquímica de la fermentación	18
2.2.4. Impurezas en bebidas alcohólicas	20
a. Alcoholes superiores	20
b. Aldehídos	21
c. Ésteres	21
d. Metanol	21
e. Carbamato de etilo	22
2.2.5. Formación de fracciones aromáticas en bebidas alcohólicas	22
a. Factores que influyen la formación de fracciones aromáticas	22
b. Formación de alcoholes superiores	23
c. Métodos de cuantificación	24
2.3. Definición de términos básicos	25
III. MÉTODOS	26
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio	26
3.1.1. Ubicación	26
3.1.2. Descripción del área de estudio	26
3.2. Identificación y descripción del material experimental	26
3.2.1. Identificación del material experimental	26
3.2.2. Descripción del material experimental	26
3.3. Procedimientos	27
3.3.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la masa durante el proceso fermentativo	27
a. Obtención de la masa del proceso fermentativo	27
b. Determinación de las características fisicoquímicas de la masa	27

c. Determinación de las características fisicoquímicas de la bebida “masato”	27
3.3.2. Evaluación de la flora microbiana en la masa durante el proceso fermentativo	27
a. Determinación de aerobios mesófilos	27
b. Determinación de coliformes totales	28
c. Determinación de coliformes fecales	28
d. Determinación de 28	
e. Determinación de 29	
f. Determinación de mohos, hongos y levaduras	29
3.3.3. Determinación de la concentración y tipo de alcoholes superiores en la masa durante el proceso fermentativo	30
3.4. Variables	30
3.4.1. Variable 1	30
3.4.2. Variable 2	30
3.5. Población y muestra	30
3.5.1. Población	30
3.5.2. Muestra	31
3.6. Tratamientos	31
3.7. Recolección de datos	31
3.7.1. Fuentes de información	31
3.7.2. Unidad experimental y de medición	32
3.7.3. Tipo de muestreo	32
3.7.4. Técnicas para recolección de datos	32
3.8. Procesamiento de datos	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	33
4.1. Características fisicoquímicas de la yuca durante el proceso fermentativo	33
4.1.1. pH	33
4.1.2. Acidez titulable	34
4.1.3. Grados brix	35
4.1.4. Humedad	37
4.1.5. Aceites y grasas	38
4.1.6. Proteína	40
4.1.7. Fibra cruda	41
4.1.8. Carbohidratos	43
4.1.9. Cenizas	45
4.2. Calidad microbiológica de la masa de yuca durante el proceso fermentativo	46
4.2.1. Aerobios mesófilos viables	46
4.2.2. Coliformes totales	48
4.2.3. Coliformes fecales	50
4.2.4. Escherichia coli	51
4.2.5. 56	
4.2.6. Levaduras	55
4.3. Concentración y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca	57

4.3.1. Acetaldehído	57
4.3.2. Acetato de etilo	59
4.3.3. N-Propanol	61
4.3.4. Iso Butanol	62
4.3.5. Acetato de I-Amilo	64
4.3.6. N-Butanol	65
4.3.7. Iso Amílico	66
4.4. Calidad microbiológica de la bebida de yuca según NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01.	67
4.5. Concentración y tipo de alcoholes superiores en la bebida “masato” .	69
V. CONCLUSIONES	74
VI. RECOMENDACIONES	75
VII. BIBLIOGRAFIA	76
VIII. ANEXOS	83

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo evaluar el contenido y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de masato. Se utilizó la masa extraída del proceso de fermentación de la yuca, de cuatro fuentes de provisión: Yarinacocha, Manantay y dos de Callería. La determinación de alcoholes superiores se realizó en el cromatógrafo de gases del Laboratorio de Calidad de la Cervecería San Juan. Los resultados demostraron que las características fisicoquímicas varían con el tiempo; el pH disminuye durante la fermentación, debido al crecimiento de bacterias ácido lácticas benéficas, que acidifican el medio bajando el pH, disminuyendo así la contaminación bacteriana del producto. Los °Brix disminuyen durante la fermentación, porque los azúcares constituyen el sustrato para la levadura; además, los carbohidratos disminuyen su concentración por la presencia de bacterias ácido lácticas. Por otro lado, la masa de yuca presenta concentraciones elevadas de microorganismos que disminuye conforme transcurre el tiempo, debido al incremento de la concentración de alcohol y de la acidez; la presencia de dichos microorganismos contribuye a calificarlo como producto no aceptable según la norma de calidad. La presencia de Coliformes totales es un indicador de una pésima higiene de los alimentos; así también, la presencia de microorganismos afecta el perfil de alcoholes superiores y sus concentraciones. En la bebida “masato” la concentración de alcoholes superiores se incrementa, alcanzando valores por encima de la norma, siendo calificados como productos no saludables; también, la presencia de microorganismos en una bebida son indicadores de una mala práctica de proceso y elaboración. La bebida “masato” de yuca de las cuatro zonas no cumplen con la Norma de calidad.

Palabras clave: Masato, congéneres, calidad microbiológica, yuca, cromatografía de gases.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the content and type of higher alcohols during the fermentation process of cassava (*Manihot esculenta*) in the preparation of masato. The dough extracted from the cassava fermentation process was used from four supply sources: Yarinacocha, Manantay and two from Callería. The determination of higher alcohols was carried out in the gas chromatograph of the Quality Laboratory of the Cervecería San Juan. The results demonstrated that physicochemical characteristics vary over time; The pH decreases during fermentation, due to the growth of beneficial lactic acid bacteria, which acidify the medium, lowering the pH, thus reducing bacterial contamination of the product. °Brix decreases during fermentation, because sugars constitute the substrate for the yeast; Furthermore, carbohydrates decrease their concentration due to the presence of lactic acid bacteria. On the other hand, the cassava mass has high concentrations of microorganisms that decrease as time passes, due to the increase in alcohol concentration and acidity; The presence of these microorganisms contributes to qualifying it as an unacceptable product according to the quality standard. The presence of total coliforms is an indicator of poor food hygiene; Likewise, the presence of microorganisms affects the profile of higher alcohols and their concentrations. In the “masato” drink the concentration of higher alcohols increases, reaching values above the norm, being classified as unhealthy products; Also, the presence of microorganisms in a drink are indicators of poor process and manufacturing practice. The cassava “masato” drink from the four zones does not comply with the quality standard.

Keywords: Masato, congeners, microbiological quality, cassava, gas chromatography.

I. INTRODUCCIÓN

La yuca, tubérculo originario del trópico americano (DANA 2016), se cultiva en la selva amazónica, domesticada por sus pobladores; su consumo es como preparados alimenticios líquidos y sólidos; se aprovechan sus hojas y raíces por ser fuentes de proteínas y carbohidratos (Martín et al. 2019).

El masato es una bebida tradicional de los pobladores amazónicos, su preparación y consumo es popular en fiestas y ceremonias tradicionales de los pueblos autóctonos; hay ciertas actividades en las que el consumo del masato es indispensable, estas son: el trabajo colectivo; las celebraciones especiales; las ocasiones en que se muestra hospitalidad y amistad (Daggett 1983). Las bebidas alcohólicas fermentadas, como el masato, podrían verse contaminadas con productos congéneres del etanol, cuya posibilidad se incrementa al no considerar las buenas prácticas de manufactura y control de calidad (Sánchez 2005). Entre las sustancias tóxicas tenemos entre otros a los alcoholes superiores; el consumo continuo puede provocar malestares (náuseas, vómitos, cefaleas, dolores abdominales y perturbaciones visuales), y llegar a una ceguera irreversible e incluso la muerte (Microlab Industrial 2019).

Dicho problema también se presenta durante la fermentación de la yuca; al ser una bebida alcohólica fermentada, es contaminada con productos congéneres del etanol (Sánchez 2005), de ahí la importancia de la investigación que evidencia la presencia de alcoholes superiores en el masato. Esta bebida de consumo popular, su proceso de elaboración pasa por un proceso fermentativo anaerobio cuyo producto final es etanol; sin embargo, el proceso lo realizan en casa, donde habría la posibilidad de contaminarse; luego, aparte de conocer las características de la materia prima, se debe controlar la fermentación. Por tanto, los resultados de la investigación permitieron identificar las condiciones de proceso donde se podrían estar generando los alcoholes superiores, esto permite que se tenga mayor cuidado durante el proceso fermentativo.

Los alcoholes superiores son dañinos para la salud (Microlab Industrial 2019). Luego, el contenido de alcoholes superiores en la masa de yuca fermentada y las características fisicoquímicas y microbiológicas permitieron establecer las condiciones sanitarias de la bebida, contribuyendo así al cuidado de la salud pública. Además, conociendo el contenido de alcoholes superiores permitirá hacer propuestas de mejora para la elaboración de masato, permitiendo así obtener un producto inocuo, que cumpla con las exigencias de la Norma Técnica, evitando así el daño a la salud de los consumidores.

Los resultados de la investigación contribuyen al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico sobre la evolución de la concentración de alcoholes superiores en una bebida cuyo consumo es muy difundido en la selva peruana, lo que será inicio para la investigación de otras bebidas fermentadas y el establecimiento de políticas de seguridad alimentaria en nuestra región. Siendo el objetivo evaluar el contenido y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de masato.

II. MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los resultados de la investigación contribuyen al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico sobre la evolución de la concentración de alcoholes superiores en una bebida cuyo consumo es muy difundido en la selva peruana, lo que será inicio para la investigación de otras bebidas fermentadas y el establecimiento de políticas de seguridad alimentaria en nuestra región. Siendo el objetivo evaluar el contenido y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de masato.

Quispe y Azañero (2019) determinaron metanol en bebidas alcohólicas expendidas en los centros de diversión nocturna del centro de Huancayo. Es un estudio de tipo descriptivo; se aplicó un diseño no experimental. La población estuvo constituida por los clubes nocturnos del centro de Huancayo, los que se seleccionaron los centros nocturnos mediante un muestreo aleatorio simple. Analizaron 27 muestras de bebidas alcohólicas de tres presentaciones distintas (ron, vino y pisco), escogidas mediante muestreo no probabilístico. Se determinó la presencia de metanol, y en el análisis cuantitativo colorimétrico arrojó promedios por debajo de los límites permisibles propuestas por la NTP de 300 ppm, por lo tanto, se estableció que las calidades de las bebidas alcohólicas son aptas para el consumo humano.

Loviso y Libkind (2019) publicaron la revisión “Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores”. Afirman que, entre los principales componentes de la cerveza, los alcoholes superiores son de Importancia por su influencia en el sabor y el aroma del producto final, y en su calidad. Estos compuestos se generan por las levaduras a partir del metabolismo de aminoácidos. Las levaduras y las condiciones de fermentación y la composición del mosto afectan el perfil de alcoholes superiores y sus concentraciones. El tipo de levadura utilizada, la temperatura de fermentación, la composición de hidratos de carbono y la fuente de nitrógeno presente en el mosto, entre otros parámetros de fermentación, afectan la biosíntesis de estos alcoholes. El análisis de los factores que afectan los niveles de alcoholes superiores durante la elaboración de la cerveza brinda a los productores cerveceros una herramienta de relevancia para lograr las características deseadas en el producto final.

Borroto-Mato et al. (2017) publicaron sobre aspectos generales sobre la determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas. Realizaron una revisión bibliográfica sobre la formación y determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas. Abordaron aspectos sobre el origen de los alcoholes superiores y factores que influyen

en la formación de los mismos como: la cepa *Saccharomyces cerevisiae* empleada y la relación carbono-nitrógeno presente en el medio de fermentación, así como los métodos que se emplean en su determinación. Comentaron los trabajos reportados actualmente relacionados con la determinación de alcoholes superiores, tanto por el método cromatográfico, como por el método espectrofotométrico

Mantilla y Rochina (2017) publicaron los resultados de la tesis: “Caracterización del proceso artesanal de la bebida alcohólica tradicional denominada Pájaro Azul en el Cantón Echeandía - Provincia Bolívar”. Las muestras de las bebidas obtenidas por los productores tienen valores de pH entre 3.2 y 5.6; el contenido de azúcar, estuvo entre 14.6 y 16.9 °Brix, la turbidez es de 0.87 la más baja y 5.95 NTU la más alta; los valores de conductividad oscilaron de entre 8.06 mínimo y 52.25 máximo $\mu\text{S}/\text{cm}$ y sólidos totales, de 3.98 a 24.93 mg/L. Determinaron los congéneres analizados en los licores obtenidos por los productores, destacando: acetaldehídos (10.56 – 16.75 mg/mL); metanol (4.56 – 10.35 mg/mL); etilacetato (43.67 – 64.49 mg/mL); isobutanol (86.78 – 122.25 mg/mL); N-butanol (97.07 - 135, 90 mg/mL); isoamílico (103.52 – 143.78 mg/mL) y furfural (0.89 – 1.51 mg/mL). Los alcoholes superiores: isopropanol (104.17 - 144.87); propanol (106.67 – 180.72) y N-amílico (88.89 – 123.45) todos en mg/mL. Concluyeron que las bebidas preparadas en el Cantón Echeandía no todas presentan condiciones aptas para la industrialización, esto se debe especialmente, a la falta de control higiénico y falta de instalaciones adecuadas para la producción.

Bedoya y Galván (2012) realizaron la determinación toxicológica de metanol, furfural y alcoholes superiores en bebidas alcohólicas destiladas. Las muestras se tomaron al azar en las tiendas donde se expenden dichos productos y en forma aleatoria simple en los distritos de El Cercado de Lima y La Victoria. Analizaron mediante Cromatografía de Gases (CG) y los resultados compararon con las Normas Técnicas Peruanas para cada bebida alcohólica, donde se indican los parámetros cualitativos y cuantitativos de calidad que deben tener las mismas para ser aptas para el consumo humano. Los resultados obtenidos nos indican que el 20.00% de las muestras superan la concentración máxima de Furfural establecida en la Norma Técnica Peruana. Para el caso de Alcoholes Superiores, ninguna de las muestras supera la concentración máxima establecida.

Sánchez (2005) investigó la presencia de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas tradicionales y populares de mayor consumo en dos regiones de la república de Guatemala por cromatografía de gases. Para desarrollar la investigación delimitó el universo por conveniencia, tomó tres muestras de cada una y analizó por duplicado por cromatografía de gases. Los resultados demostraron la presencia de metanol, en

diferente proporción, en todas las muestras de las bebidas analizadas. La cantidad de metanol encontrada en todas las bebidas es mínima, variando de 27 ppm a 141 ppm, concentraciones que se encuentran por debajo del límite aceptado de 3000 ppm, según las normas oficiales mexicanas. No se considera un riesgo para los consumidores, pero representa el peligro que trae consigo el alto consumo continuo de bebidas alcohólicas fermentadas que no son sometidas a controles de calidad adecuados, siendo necesario contar con procesos de verificación de manufactura y de calidad adecuados.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Yuca

a. Generalidades

La yuca es originaria de América del Sur, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales del mundo (Ceballos, citado por Sánchez 2019). La variedad genética depende de condiciones agroecológicas bióticas y abióticas (Lobo, citado por Torres 2010). La fuente de carbohidratos, son las raíces preservantes; mientras que la fuente proteica son las hojas (Aldana, citado por Guillermo y López 2016). Se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas (Sánchez 2013). En las regiones tropicales constituye la principal fuente de energía (Clement, citado por Martín et al. 2019).

b. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica es (Domínguez, citado por Torres 2010; Ceballos, citado por Sánchez 2019):

Reino	: Vegetal
División	: Phanerógamas
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Dicotyledoneae
Subclase	: Archichlamydeae
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Tribu	: Manihotae
Género	: Manihot
Especie	: esculenta

c. Distribución geográfica

Actualmente se cultivan diversas variedades de “yuca amarga” y “dulce”, pero los mayores cultivos son de variedades de “yuca dulce” (Martín et al. 2019). En

la Figura 1 se reporta el registro histórico de la producción de yuca en la región Ucayali.

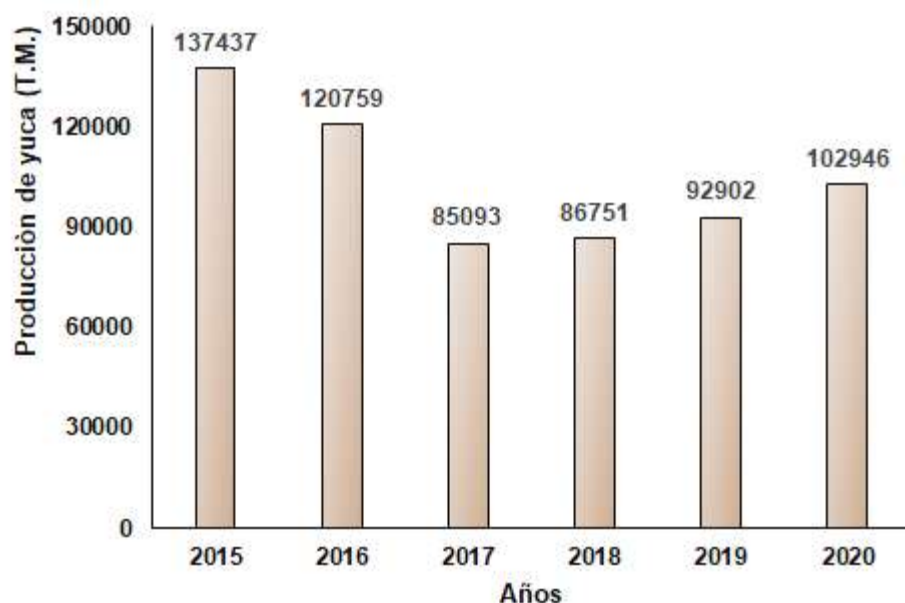


Figura 1. Producción agrícola de yuca en la región Ucayali.

FUENTE: BCRP (2021).

d. Usos

La forma de aprovechamiento tradicional de la yuca es mediante la maduración o pudrición, proceso fermentativo heteroláctico que suaviza el cuerpo de la “yuca” generando un olor y un sabor ácido característicos, atributo necesario para la elaboración de fariña (Martín et al. 2019). También se consumen los alimentos y las bebidas preparadas con la yuca, que son consumidos en las fiestas o en las actividades tradicionales, también se consumen diariamente en las casas y es comercializada habitualmente en los mercados locales. Hay presentaciones de preparados como el tradicional masato, que es una bebida muy consumida (Martín et al. 2019).

e. Composición química de la yuca

La raíz de yuca presenta bajas cantidades de grasa comparado con el arroz o maíz (Montaldo, citado por Torres 2010). Las hojas y el tubérculo que combinados con otros componentes de la dieta humana o animal, son de alto valor nutritivo. Las hojas contienen caroteno, calcio, fibras y grasas en mayor cantidad que el tubérculo (Buitrago, citado por Torres 2010). El contenido

proteico de follaje de yuca es de alrededor de 20 % (Fuenmayor et al. citado por Torres 2010). En el Cuadro 1 se reporta la composición química de la yuca.

Cuadro 1. Composición de la yuca por cada 100 g.

Componente	Unidad	Cantidad
Yuca amarilla fresca, sin cáscara		
Energía	kcal	147.00
Agua	g	59.00
Proteínas	g	0.60
Grasa total	g	0.20
Carbohidratos totales	g	39.10
Carbohidratos disponibles	g	37.30
Fibra dietaria	g	1.80
Cenizas	g	1.10
Calcio	mg	35.00
Fósforo	mg	62.00
Zinc	mg	0.24
Hierro	mg	0.40
Tiamina	mg	0.03
Riboflavina	mg	0.04
Niacina	mg	0.66
Vitamina C	mg	36.30
Yuca blanca fresca, sin cáscara		
Energía	kcal	115.00
Agua	g	65.80
Proteínas	g	0.70
Grasa total	g	0.50
Carbohidratos totales	g	31.80
Carbohidratos disponibles	g	28.30
Fibra dietaria	g	3.50
Cenizas	g	1.30
Calcio	mg	25.00
Fósforo	mg	52.00
Zinc	mg	0.63
Hierro	mg	0.19
Tiamina	mg	0.05
Riboflavina	mg	0.41
Niacina	mg	0.98
Vitamina C	mg	19.08

FUENTE: MINSA (2017).

En cuanto a vitaminas y minerales su presencia es muy bajo en las raíces; mientras que, en las hojas presentan alto contenido de proteínas, además de aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos y carbohidratos. Contiene 18 aminoácidos esenciales, minerales (hierro, calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre) y un alto contenido de betacarotenos y vitaminas A, B1, B2, B6, B12 y C (Fuenmayor *et al.* citado por Torres 2010).

En la yuca está presente los glucósidos cianogénicos, son antinutrientes debido a su toxicidad (Aristizábal y Sánchez, citado por Torres 2010). El nivel de glucósidos cianogénicos que se encuentra en la raíz o en las hojas permite diferenciar entre variedades amargas (más tóxicas) y variedades dulces. Las variedades dulces presentan menos de 180 ppm de HCN (en base seca), las de rango intermedio poseen entre 180 - 300 ppm y las que tienen un contenido mayor de 300 ppm son las variedades amargas (Sánchez, citado por Torres 2010). El contenido de HCN en los diferentes tejidos de la planta de yuca depende de las condiciones edafoclimáticas del ambiente y por su edad al momento de la cosecha (Ceballos y De la Cruz, citado por Torres 2010).

2.2.2. El masato

Es una bebida tradicional de la Amazonía Peruana, se obtiene de la fermentación espontánea de la yuca (Salas *et al.* citado por Pinedo 2014). Para ello, realizan cortes en trozos pequeños a la yuca pelada y lo someten a cocción. Luego se trituran hasta volverla una masa, la mezclan con camote o caña de azúcar. Las levaduras del ambiente y los azúcares adicionados por el camote y la caña ayudan en la fermentación; retiran las partes fibrosas, colocándolas después en una tinaja de barro que acelerará el proceso de fermentación (Martín *et al.* 2019).

a. Formas de preparación del masato

Hay varias formas para preparar la yuca para masato, según la tradición, los gustos familiares o la abundancia del producto (Lojano 2018). Para preparar el masato se debe cocinar la yuca pelada en agua sin sal. Luego, en una batea de madera y se tritura con un mazo. Seguidamente se mastica o saliva la yuca triturada. Las mujeres realizan el masticado de la masa y lo regresan a la batea. La de masticar, mejora el sabor y el proceso fermentativo del masato; en la saliva están presentes enzimas que hidrolizan el almidón, también endulza la yuca, evitando agregar panela o azúcar a la mezcla (McGee, citado por Lajano 2018). Luego de masticar se espera que la masa se enfríe, para colocarlo en una tinaja. En este momento se adiciona restos de masato antiguo, que sirve como iniciador del proceso fermentativo (Moya, citado por Lajano 2018). El masato tiene una

consistencia ligeramente gomosa debido a las fibras de la yuca. Sin embargo, podría cernirse (Chiriap, citado por Lajano 2018), se puede consumir al día siguiente, llamándose masato verde; con el transcurrir de los días la fermentación se acelera aumentando el grado de alcohol. Luego de 4-5 días la bebida denomina masato fuerte (García, citado por Lajano 2018).

b. Propiedades del masato

El masato, como otras bebidas fermentadas poseen propiedades nutricionales, digestivas y antioxidantes. Son Considerados probióticos naturales (por contener microorganismos vivos, aumentan la flora intestinal y mejoran el sistema inmunológico), son nutritivos y potencian la síntesis de ciertas vitaminas y minerales, antioxidantes y transforman a los alimentos en sustancias más asimilables para el organismo (Katz, citado por Lajano 2018). El masato es una bebida energética, pero no debe ser muy dulce, porque se vuelve pesada, poco digerible (Grefa, citado por Lajano 2018). En el Cuadro 2 se muestra la composición química del masato.

Cuadro 2. Composición de la chicha de yuca (masato) por cada 100 g.

Componente	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	37.00
Agua	g	90.40
Proteínas	g	0.20
Grasa total	g	0.10
Carbohidratos totales	g	8,90
Carbohidratos disponibles	g	-
Fibra dietaria	g	-
Cenizas	g	0.40
Calcio	mg	11.00
Fósforo	mg	14.00
Zinc	mg	-
Hierro	mg	0.60
Tiamina	mg	0.03
Riboflavina	mg	0.10
Niacina	mg	0.19
Vitamina C	mg	4.20

FUENTE: MINSA (2017).

El masato se continúa preparando en la Amazonía. Sin embargo, muchos procedimientos de su elaboración han fueron cambiados por prácticas más modernas; actualmente se utilizan baldes de plástico, que no aportan al sabor y

aireación que requiere la masa, además de masticar la masa para endulzarla y aportar enzimas digestivas (García, citado por Lajano 2018).

2.2.3. Bioquímica de la fermentación

La elaboración de masato se realiza en condiciones ambientales, la fermentación es realizada con levaduras “salvajes”, muchas veces sin el cuidado respectivo, lo que podría ocasionar la formación de compuestos en cantidades muy altas, que son dañinos para el consumidor.

En los productos fermentados, los factores de calidad provienen de la yuca y del proceso fermentativo. En el caso de la yuca, tiene que ver la variedad, suelo, clima y características de cultivo, puede variar las composiciones ligeramente lo que determina, el contenido de: extracto seco, metanol, etanol y aromas (Gallegos y Gallegos 2019).

El metanol, se forma por hidrólisis de las pectinas, que son cadenas de ácido poligalacturónico, con grupos carboxilo parcialmente metoxilados (esterificados con metanol), y se encuentran en las paredes celulares de los vegetales. Las pectinas pueden sufrir hidrólisis por acción de ácidos, álcalis o de enzimas. Las enzimas pectolíticas son de dos tipos; pectinesterasa (PE) que cataliza la liberación de los grupos metoxilo con formación de metanol y poligalacturonasa (PG), que cataliza la despolimerización de las pectinas. De ellas la productora de metanol es la PE, que no siempre se encuentra presente en los frutos ricos en pectina, y tiene actividad óptima a pH 7.5 (Braverman, citado por Gallegos y Gallegos 2019).

Los productos ricos en pulpa poseen mayor actividad de PE (Braverman, citado por Gallegos y Gallegos 2019). El contenido del metanol depende de factores como: el grado de maceración, el pH del mosto, la acción enzimática, y la presencia de hongos contaminantes, siendo la principal el grado de maceración (Ribereau-Gayón, citado por Gallegos y Gallegos 2019). Un alto metanol, también puede producirse en cosechas contaminadas con hongos, pues son productores de enzimas pectolíticas exocelulares (Ribereau-Gayón, citado por Gallegos y Gallegos 2019).

Durante la fermentación, se forman compuestos por acción enzimática (metanol) y por fermentación de las levaduras, que producen etanol y anhídrido carbónico como productos principales, y glicerina, acetaldehído, ácidos volátiles, butylenglicol,

alcoholes superiores y ácidos orgánicos como secundarios (Gallegos y Gallegos 2019).

El etanol depende del grado glucométrico del producto y de una buena conducción de la fermentación para lograr conversión total de los azúcares en etanol, lo cual hacen las levaduras por la ruta metabólica de Embden-Meyerhoff-Parnas (vía EMP), degradando la glucosa hasta piruvato y luego hasta etanol (Herraiz, citado por Gallegos y Gallegos 2019).



Los compuestos secundarios formados en esta etapa dependen básicamente de dos factores: la especie de levadura, y las condiciones de fermentación como; temperatura, aireación, características del mosto y tratamientos técnicos (Herraiz, citado por Gallegos y Gallegos 2019).

En la fermentación espontánea de mostos (caso de la producción de pisco) se diferencian tres fases microbiológicas. En cada una de las cuales intervienen distintas levaduras. En la primera fase abundan levaduras apiculadas, que producen bajo grado alcohólico y sustancias volátiles. En la segunda fase (comienzo de la fermentación) aparecen especies productoras de grado alcohólico medio. En estas dos fases predominan los géneros *Hanseniaspora*, *Píchía*, y *Rhodotorula* productoras de acetato de etilo, y la *Brettanomyces intermedius* que produce compuestos con mal olor, en cambio, *S. rosei* produce poca acidez volátil y cantidades importantes de 3-etoxi-1-propanol (Barcenilla, citado por Gallegos y Gallegos 2019). En la tercera fase (fermentación tumultuosa), la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, produce etanol por la vía EMP, pero además, puede producir metabolitos secundarios, como alcoholes lineales C3-C5 y alcoholes ramificados, 2-feniletanol), etc. Además, ésteres (acetatos de alcoholes superiores y ésteres etílicos de ácidos grasos), asociados a aromas florales y frutales en vinos jóvenes (Del Pozo, citado por Gallegos y Gallegos 2019), según el esquema de la Figura 3. Por tanto, puede esperarse que mostos fermentados con agregado de SO_2 y levaduras seleccionadas, produzcan piscos con sabor y aroma más limpios.

2.2.4. Impurezas en bebidas alcohólicas

Durante la fermentación alcohólica, junto con el etanol se producen muchos compuestos denominados mayoritarios. Se destacan en importancia los alcoholes superiores: 1-propanol, 2-metil-1-propanol, 2-metil-1-butanol y 3-metil-1-butanol (Estévez, citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

Los compuestos que integran la fracción aromática de las bebidas alcohólicas son denominados congéneres. Son compuestos químicos formados durante los procesos de fermentación y añejamiento, por la interacción química entre algunos ácidos orgánicos con el alcohol etílico para formar ésteres, los aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes superiores y furfural (Estévez, citado por Borroto-Mato *et al.* 2017). Los congéneres o impurezas volátiles contribuyen a dar a la bebida alcohólica el sabor y aroma propios de la materia prima. Su concentración puede ser lo suficientemente elevada como para rendir un desagradable sabor y olor penetrante en el producto, así como aportar una sensación de aspereza al paladar; adicional a esto, se les atribuye sean la causa del dolor de cabeza, irritación y malestar que aparecen tras una ingestión considerable (Borroto-Mato *et al.* 2017).

La presencia de otros compuestos que no son etanol ni agua son las sustancias que tienen su origen fundamentalmente como coproductos de la fermentación, o provenientes de la materia prima, como acompañantes o formados durante el proceso de separación y purificación (Borroto-Mato *et al.* 2017).

a. Alcoholes superiores

Se producen durante la fermentación alcohólica y la composición de la mezcla de estos alcoholes es variable, contiene un 80 % de alcoholes amílicos, 15 % de alcohol butílico y 5 % de otros (como el alcohol propílico). Debido a su olor característico, estos alcoholes pueden tener una influencia fuerte sobre el sabor de las bebidas destiladas, así como en la reacción fisiológica por parte de los consumidores (dolor de cabeza); el límite máximo permitido es 200 mg/100mL de alcohol anhidro (Microlab Industrial 2019).

Los alcoholes superiores poseen más carbonos que el etanol, los más significativos son: propanoles, butanoles y pentanoles con sus isómeros más comunes (Borroto-Mato *et al.* 2017). Son de importancia por su influencia en el sabor y el aroma del producto final, y, por ende, en su calidad; estos compuestos se generan por las levaduras a partir del metabolismo de aminoácidos. Las levaduras, las condiciones de fermentación y la composición de la materia prima

afectan el perfil de alcoholes superiores y sus concentraciones (Loviso y Libkind 2019).

La producción de alcoholes superiores varía con las cepas de levadura utilizada (Dickinson, citado por Loviso y Libkind 2019). También los otros parámetros fermentativos como la temperatura de fermentación, la aireación y el contenido de nitrógeno en el mosto también influyen en los niveles producidos de estos compuestos (Lei *et al.* citado por Loviso y Libkind 2019).

b. Aldehídos

Son los compuestos de mayor volatilidad presentes, destacándose el acetaldehído y los acetales (dietilacetal, 1,1-dietoxietano) (Borroto-Mato *et al.* 2017).

c. Ésteres

Se originan básicamente mediante la reacción de esterificación entre un ácido orgánico y un alcohol. Su importancia radica en su contribución decisiva a las propiedades organolépticas del alcohol etílico destilado. El procedimiento de destilación actúa en forma correspondiente con la de un reactor de esterificación, por ello los sistemas de destilación en sí se comportan como esterificadores (Borroto-Mato *et al.* 2017).

d. Metanol

La fermentación produce cantidades variables de metanol y tiene su origen en las pectinas provenientes de la materia prima utilizada. Es altamente tóxico, por lo que tras un correcto método de destilación no se deben presentar cantidades apreciables que puedan afectar la salud; el límite máximo permitido es 100 mg/100mL de alcohol anhidro (Microlab Industrial 2019).

En todos los alcoholes potables la determinación de este compuesto es solicitada, dada su toxicidad. Su presencia es muy pronunciada en el alcohol sintético y en aquellos naturales procedentes de fermentaciones de sustancias con alto contenido en pectinas, como las frutas y algunos granos. Su presencia en alcoholes de caña es muy baja. Se determina químicamente por el método de la fucsina (Reactivo de Schiff) aunque también ha sido popular por el método del ácido cromotrópico. Hoy han sido suplantadas estas técnicas por la cromatografía gaseosa (Borroto-Mato *et al.* 2017).

e. Carbamato de etilo

En los últimos años han aparecido algunas regulaciones en países como Canadá y Suiza que han establecido valores máximos para esta especie en bebidas destiladas (Lachenmeier *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017). En la Unión Europea hasta ahora no ha emitido norma sobre el carbamato de etilo (Borroto-Mato *et al.* 2017). En Brasil se vienen realizando investigaciones sobre los valores encontrados en los aguardientes de caña (cachaza) y de yuca o mandioca de este compuesto (Ho y Eun, citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

2.2.5. Formación de fracciones aromáticas en bebidas alcohólicas

a. Factores que influyen la formación de fracciones aromáticas

Uno de los factores que pueden determinar la composición de la fracción aromática (alcoholes superiores) de fermentaciones derivadas de jugos y melazas provenientes de la fabricación de azúcar de caña (Scott, citado por Borroto-Mato *et al.* 2017), se encuentran: la cepa *Saccharomyces cerevisiae* empleada, y la relación carbono-nitrógeno, específicamente nitrógeno amínico y amoniacal presentes en el medio de fermentación (Borroto-Mato *et al.* 2017).

- La cepa *Saccharomyces cerevisiae*

La cepa *Saccharomyces cerevisiae* pertenece a un grupo de levaduras llamadas anaerobias facultativas. Estos microorganismos fermentan hexosas como glucosa y fructosa bajo condiciones aerobias y anaerobias. En cultivos discontinuos aerobios, esta levadura, típicamente fermenta cerca de un 70 % de la glucosa disponible a etanol y CO₂, un 20% se incorpora a la biomasa y un 8 % se usa en la producción de glicerol y solo un 2 % rendirá CO₂ y H₂O vía fosforilación oxidativa dentro de la mitocondria (Escalante *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

- La relación carbono-nitrógeno presente en el medio fermentativo

El contenido de nitrógeno asimilable en el medio de cultivo, constituye un elemento importante en la duración y progreso de la fermentación alcohólica, la disponibilidad del mismo puede incrementar la población durante el período de crecimiento celular. La limitación de carbono (C) y nitrógeno (N), es importante para la optimización de la fermentación de hexosas por *Saccharomyces cerevisiae* (Espinoza *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

Cada cepa presenta un perfil de síntesis para determinados alcoholes superiores, dependiendo de las condiciones nutricionales del mosto (altas o bajas relaciones C-N); la disminución de la concentración en los mostos es posible previniendo su producción durante el curso de la fermentación (Domenech *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017). Hay cepas de levaduras alcoholeras mutantes con una producción ya sea incrementada o disminuida para estos congéneres, en dependencia del producto final deseado, permitiendo de esta forma reforzar sabores y características aromáticas (Domenech *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

La cantidad de azúcar a adicionar en el medio de fermentación no puede llevarse a cabo de forma arbitraria, se hace necesario un ajuste correcto ya que bajos niveles disminuyen la velocidad de su utilización en la formación de etanol haciendo más lento el proceso (Guo *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

b. Formación de alcoholes superiores

Los alcoholes superiores se producen mayoritariamente a partir de aminoácidos aromáticos y de cadena ramificada a través de dos vías metabólicas (Espinoza *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017). Muchos de estos compuestos están relacionados con el sabor y aroma de la bebida y se les denomina congéneres, se encuentran en bajas concentraciones, comparados con el etanol producido. Debido a que los congénéricos se encuentran en muy bajas cantidades, el aroma y sabor de la bebida no son percibidos por el consumidor común. Sin embargo, existen bebidas alcohólicas que son apreciadas por la presencia de algunos congénéricos en particular. (Choi *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

- Vía catabólica o vía de Ehrlich

Los aminoácidos son primeramente transaminados a 2-oxoácidos, después descarboxilados a aldehídos y finalmente reducidos a los correspondientes alcoholes superiores.

- Vía anabólica o del piruvato

A través de intermediarios 2-oxoácidos que están a su vez involucrados en la biosíntesis de estos aminoácidos ramificados. Las proporciones relativas atribuidas a estas dos vías son del 25 % y 75 %, respectivamente. Para una cantidad fija de nitrógeno amoniacal, las concentraciones de alcoholes

superiores se incrementan al aumentar el contenido en azúcares (Espinoza *et al.* citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

c. Métodos de cuantificación

Existe una gran variedad de métodos químicos para la determinación de congéneres en los alcoholes. Los más utilizados son los cromatográficos pues son muy amplios y versátiles para el analista químico y también de fácil manipulación, aunque los métodos volumétricos son de mayor uso en los laboratorios de las destilerías ya que los cromatógrafos son muy costosos (Hernández, citado por Borroto-Mato *et al.* 2017).

Cuadro 3. Métodos utilizados para la determinación de sustancias o congéneres presentes en los alcoholes.

Sustancia	Método	Fundamento
Aldehídos	Volumetría Redox	Yodometría empleando bisulfito de sodio (Na_2SO_3)
Esteres	Volumetría ácido-base	Saponificación con hidróxido de sodio (NaOH)
Alcoholes superiores	Técnica espectrofotométrica	Tratamiento con dimetilamino-benzaldehído en medio sulfúrico(538-543 nm)

FUENTE: Hernández, citado por Borroto-Mato *et al.* (2017).

- Métodos espectrofotométricos

Se basa en la determinación del contenido de los alcoholes superiores 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol, por medio de la reacción con una solución de p-dimetilaminobenzaldehído (p-DMAB) en medio ácido. La intensidad del complejo formado se determina por espectrofotometría a una longitud de onda de 540 nm (Borroto-Mato *et al.* (2017).

- Método cromatográfico

La cromatografía de gases es la técnica más utilizada, se caracteriza porque la muestra es volatilizada e inyectada en la cabeza de una columna cromatográfica. Los componentes de la muestra se distribuyen entre la fase móvil (gas portador que puede ser: nitrógeno, helio, argón e hidrógeno) y la fase estacionaria, la más utilizada es la de tipo carbowax donde el material que se emplea es el polietilenglicol (Borroto-Mato *et al.* (2017). En el análisis se utiliza detector de ionización de llama (CG-FID) o GC acoplado a un

espectrómetro de masas (CG-EM) (Montoya y Páez, citado por Borroto-Mato *et al.* (2017).

2.3. Definición de términos básicos

Yuca: Es un tubérculo originario del trópico americano, constituye la cuarta fuente más importante de energía alimentaria del mundo; es una planta de aprovechamiento integral, ya que sus raíces y hojas son fuentes de carbohidratos y proteínas (DANA 2016).

Masato: Bebida tradicional propia de la Amazonía Peruana que se obtiene como resultado de la fermentación espontánea de la yuca (Salas *et al.* citado por Pinedo 2014).

Fermentación: Proceso que se da al dejar reposar cereales, frutas y/o vegetales con un alto contenido de glucosa durante períodos largos y a determinadas temperaturas dependiendo de la bebida de que se trate. Se generan condiciones propicias para que las levaduras, transformen la sacarosa en etanol (Microlab Industrial 2019).

Bebidas fermentadas: Son aquellas que son producidas mediante un proceso de fermentación, ya sea de cereales, frutas y/o vegetales (Microlab Industrial 2019).

Características fisicoquímicas: Son propiedades físicas o sustancias químicas las que son responsables de la calidad o influyen en un determinado aspecto de la misma y que permiten establecer un uso adecuado del producto (Pardo *et al.* 2000).

Características microbiológicas: Definen la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basada en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, incluidos parásitos, y/o en la cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote (MINSA 2008).

Alcoholes superiores: Se producen durante la fermentación alcohólica; debido a su olor característico pueden tener una influencia sobre el sabor, así como en la reacción fisiológica de los consumidores como dolores de cabeza (Microlab Industrial 2019).

Alimentos aptos para consumo humano: Son aquellos alimentos que cumplen con los criterios de calidad sanitaria e inocuidad establecidos en la norma sanitaria (MINSA 2008).

III. MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se ejecutó en los Laboratorios de la empresa Natura Analítica, ubicado en el distrito de Callería, en el Laboratorio de Poscosecha y en el Laboratorio de Calidad de la empresa Cervecería San Juan, ubicado en el distrito de Yarinacocha. Todos en la provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

3.1.2. Descripción del área de estudio

De acuerdo al Plan de Estudios de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, la investigación forma parte del área de Productos Biotecnológicos Alimentarios, dentro de la línea de investigación de Tecnología de Productos Alimentarios. Siendo el tipo de estudio: Básico y en nivel: Descriptivo.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

3.2.1. Identificación del material experimental

Se utilizó la masa extraída del proceso de fermentación de la yuca. Para la investigación se han considerado cuatro fuentes de provisión de la masa: uno de Yarinacocha, uno de Manantay y dos de Callería, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

3.2.2. Descripción del material experimental

Material biológico: Masa del proceso de fermentación de la yuca, desde los 0 días hasta los cinco días.

Materiales de laboratorio y otros: Placas Petri, luna de reloj, crisol de porcelana, vaso de precipitado, fioles volumétricos, pipetas, envases de vidrio color ámbar, termómetro, probeta graduada, gradillas de PVC.

Reactivos de laboratorio: Agua destilada, hidróxido de sodio, fenolftaleína, hexano, ácido sulfúrico, medios de cultivo, acetaldehído (0.7830 g/mL), acetato de etilo (0.8980 g/mL), n-propanol (0.8040 g/mL), i-butanol. (0.8060 g/mL), acetato de i-amilo. (0.8760 g/mL), alcohol i-amílico. (0.8130 g/mL), etanol (0.7900 g/mL), n-butanol (0.810 g/mL).

Equipos de laboratorio y otros: pH-metro, brixómetro, equipo soxhlet, balanza de precisión, balanza analítica, estufa, congelador, baño maría, cocinilla eléctrica, recipientes de acero inoxidable, cromatógrafo de gases AGILENT.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la masa durante el proceso fermentativo

La determinación de las características fisicoquímicas de la masa de yuca fermentada correspondió a los establecidos por el Laboratorio Natura Analítica, que a su vez se basan en la metodología de la A.O.A.C.

a. Obtención de la masa del proceso fermentativo

Las muestras de masa de yuca fermentada fueron obtenidas de los lugares previamente seleccionados, se recolectaron en frascos de vidrio de color ámbar y de boca ancha, asépticos y estériles, estos a su vez fueron colocados en recipientes “cooler” conteniendo gel refrigerante. Luego se transportaron hacia el Laboratorio de Natura Analítica o al Laboratorio de Calidad de la Cervecería San Juan, según el tipo de análisis a desarrollar.

b. Determinación de las características fisicoquímicas de la masa

Se determinó °Brix, acidez, pH, humedad, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza, fibra bruta.

c. Determinación de las características fisicoquímicas de la bebida “masato”

Se determinaron °Brix, acidez, pH, humedad, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza y fibra.

3.3.2. Evaluación de la flora microbiana en la masa durante el proceso fermentativo

Los procedimientos para la determinación de las características microbiológicas de la masa de yuca fermentada correspondieron a los del Laboratorio Natura Analítica.

a. Determinación de aerobios mesófilos

Se preparó medio de cultivo APC (Agar Plate Count), para ello se pesó 10 g de muestra sólida y se incorporó en una botella con solución salina 0.01% (volumen de 90 mL), luego se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-1} g), también se extrajo una alícuota de 0.1 mL y se sembró por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-2} g). Se tuvo en cuenta, las características de procesamiento, transporte, almacenamiento de la muestra; se realizó más diluciones para obtener lecturas claras de las colonias de microorganismos. Seguidamente se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las

colonias, multiplicando las colonias contadas por el factor de dilución. Los reportes se expresaron en número de unidades formadoras de colonias (UFC/g muestra). También fue necesario una placa referencial con el mismo medio selectivo sin sembrar.

b. Determinación de coliformes totales

Se preparó medio de cultivo ChromoCult (CC). Para ello se pesó 10 g de muestra sólida y se incorporó en una botella con solución salina 0.01% (volumen de 90 mL). Seguidamente se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-1} g). También se extrajo una alícuota de 0.1 mL y se sembró por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-2} g). Se tuvo en cuenta, las características de procesamiento, transporte, almacenamiento de la muestra; se realizó más diluciones para obtener lecturas claras de las colonias de microorganismos. Seguidamente se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las colonias, multiplicando las colonias contadas por el factor de dilución. Los reportes se expresaron en número de unidades formadoras de colonias (UFC/g muestra). También fue necesario una placa referencial con el mismo medio selectivo sin sembrar.

c. Determinación de coliformes fecales

Se preparó medio de cultivo ChromoCult (CC). Para ello se pesó 10 g de muestra sólida y se incorporó en una botella con solución salina 0.01% (volumen de 90 mL). Seguidamente se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-1} g). También se extrajo una alícuota de 0.1 mL y se sembró por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-2} g). Se tuvo en cuenta, las características de procesamiento, transporte, almacenamiento de la muestra; se realizó más diluciones para obtener lecturas claras de las colonias de microorganismos. Seguidamente se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las colonias, multiplicando las colonias contadas por el factor de dilución. Los reportes se expresaron en número de unidades formadoras de colonias COLONIAS AZULES (UFC/g muestra). También fue necesario una placa referencial con el mismo medio selectivo sin sembrar.

d. Determinación de *Staphylococcus aureus*

Se preparó medio MS (Manitol Salado). Para ello se pesó 10 g de muestra sólida y se incorporó en una botella con solución salina 0.01% (volumen de 90 mL).

Seguidamente se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-1} g). También se extrajo una alícuota de 0.1 mL y se sembró por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-2} g). Se tuvo en cuenta, las características de procesamiento, transporte, almacenamiento de la muestra; se realizó más diluciones para obtener lecturas claras de las colonias de microorganismos. Seguidamente se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las colonias, multiplicando las colonias contadas por el factor de dilución. Los reportes se expresaron en número de unidades formadoras de colonias COLONIAS DORADAS (UFC/g muestra).

e. Determinación de *Salmonella* sp.

Se preparó medio de enriquecimiento (Caldo Selenito). Para ello se pesó 25 g de muestra y se incorporó en una botella con 225 mL de caldo Selenito. Luego se dejó incubar durante 12 horas a 37°C. Se observó cambio de color del caldo. Seguidamente se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio SS (*Salmonella* Shigella) (concentración de muestra 10^{-1} g). Luego se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las colonias negras. Los reportes se expresaron como número de unidades formadoras de colonias COLONIAS NEGRAS (Presencia -Ausencia/25 g muestra).

f. Determinación de mohos, hongos y levaduras

Se preparó medio de cultivo SABOURAUD. Para ello se pesó 10 g de muestra sólida y se incorporó en una botella con solución salina 0.01% (volumen de 90 mL). Luego se extrajo una alícuota de 1 mL y se procedió a sembrar por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-1} g). También se extrajo una alícuota de 0.1 mL y se sembró por incorporación al medio (concentración de muestra 10^{-2} g). Se tuvo en cuenta, las características de procesamiento, transporte, almacenamiento de la muestra; se realizó más diluciones para obtener lecturas claras de las colonias de microorganismos. Seguidamente se incubó durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se realizó el recuento de las colonias, multiplicando las colonias contadas por el factor de dilución. Los reportes se expresaron como número de unidades formadoras de colonias (UFC/g muestra). También fue necesario una placa referencial con el mismo medio selectivo sin sembrar.

3.3.3. Determinación de la concentración y tipo de alcoholes superiores en la masa durante el proceso fermentativo

Procedimiento para la determinación de alcoholes superiores según el Laboratorio de Calidad de la Cervecería San Juan.

- Preparación del equipo

Regulación del muestreador de Head Space HS. En primer lugar, la zona de temperaturas, el horno a 90°C, la aguja a 100°C y línea de transferencia a 110°C. Seguidamente se programó el tiempo de eventos, el tiempo de ciclo de GC: 30 min (que depende del tiempo de corrida), el tiempo de equilibrio vial: 30 min, el tiempo de presurización: 0.5 min, el tiempo de retroceso: 0.2 min y el tiempo de inyección: 0.1 min. Luego los parámetros de vial, primer vial (ingresar número de vial) y último vial (ingresar número de vial).

Cromatógrafo de Gases Agilent. Se tuvo que configurar los gases, gas de arrastre Nitrógeno (flujo inicial en columna: 1.5 mL/min), la presión (13.44 psi). Configuración de la entrada, modo de entrada: Split (con división), temperatura inicial entrada: 150°C, presión entrada: 18 psi. Configuración del detector, tipo de detector: FID, flujo añadido (make up): 15 mL/min, tipo gas añadido (make up): Nitrógeno UHP, flujo Hidrógeno: 30 mL/min, flujo aire: 300 mL/min, electrómetro: On. Configuración de la señal, tasa de adquisición: 20 Hz y offset: 0.1. Configuración de la temperatura, inyector: 150°C, detector: 200°C, columna: 75°C x 6 min; 90°C @2.5°C/min x 17 min.

3.4. Variables

3.4.1. Variable 1

Proceso fermentativo de la yuca

3.4.2. Variable 2

Concentración y tipo de alcoholes superiores (ug/g).

En el Cuadro 4, se muestra la operacionalización de variables del estudio propuesto.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población considerada fue la cantidad masa del proceso fermentativo de la yuca destinada para la elaboración de masato de los distritos de Yarinacocha, Manantay y Callería de la provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

Cuadro 4. Operacionalización de variables.

	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad	Tipo	Instrumento de medición
Variable 1	Proceso fermentativo de la yuca	Tiempo de fermentación	Tiempo	días	Numérica continua	Registro de días
		Características fisicoquímicas	Concentración	%	Numérica continua	pH-metro, brixómetro, Soxhlet, entre otros.
Variable 2	Concentración y tipo de alcoholes superiores	Características microbiológicas	Concentración	UFC/mL	Numérica discreta	Microscopio, contador de colonias
		Concentración de alcoholes superiores	Concentración	µg/mL	Numérica continua	Cromatógrafo de gases
		Tipo de alcoholes superiores	Peso molecular	Dalton	Nominal	Cromatógrafo de gases

3.5.2. Muestra

La cantidad de masa (muestra) por día de evaluación y por lugar de obtención de la muestra fueron: 1.0 kg de masa de yuca fermentada. Siendo 2.0 kg de masa de Yarinacocha, 2.0 kg de Manantay y 4.0 kg de Callería, haciendo un total de 36.0 kg de masa de yuca fermentada.

3.6. Tratamientos

En el trabajo de investigación se estudió cómo varían las características fisicoquímicas, microbiológicas, la concentración y tipo de alcohol superior tanto en la masa durante el proceso fermentativo de la yuca, así también en la bebida. Se realizaron determinaciones analíticas durante el proceso fermentativo de la yuca: 0; 1; 2; 3; 4 y 5 días. También se realizaron determinaciones en la bebida, a partir del tercer día (que es lo que comúnmente se expende).

3.7. Recolección de datos

3.7.1. Fuentes de información

Fueron las investigaciones disponibles en repositorios institucionales y papers de base de datos reconocidos; también, la consulta a profesionales especializados en el tema que son parte del Staff de profesionales de la Cervecería San Juan.

3.7.2. Unidad experimental y de medición

La unidad experimental correspondió a la masa del proceso fermentativo de la yuca, al que se evaluó diariamente.

La unidad de medición fueron las unidades en las que se expresan las características fisicoquímicas, microbiológicas, el tipo y la concentración de alcoholes superiores.

3.7.3. Tipo de muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico (intencional o por criterio), toda vez que se eligieron aquellos que producen la mayor cantidad de masa de yuca fermentada y que distribuyen a los vendedores de refrescos.

3.7.4. Técnicas para recolección de datos

La técnica de datos fue del tipo instrumental, porque las determinaciones se realizaron mediante equipos, métodos de determinación microbiológicos, cromatógrafo de gases, para ello se contó con una bitácora en la que se realizó los registros respectivos.

3.8. Procesamiento de datos

Con los resultados obtenidos se efectuaron los cálculos de la media y desviación estándar, además de los gráficos respectivos, utilizando la hoja de cálculo Excel y con el Software estadístico Statgraphics Centurión XVII. A partir de ello identificaron el incremento o descenso de la concentración y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Características fisicoquímicas de la yuca durante el proceso fermentativo

4.1.1. pH

En el Cuadro 5 se reporta los valores del pH de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 5. Valores del pH durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	4.62 ± 0.02	4.55 ± 0.03	4.57 ± 0.06	4.66 ± 0.04
Día 1	4.32 ± 0.03	4.33 ± 0.03	4.31 ± 0.02	4.32 ± 0.04
Día 2	4.25 ± 0.01	4.27 ± 0.02	4.25 ± 0.01	4.25 ± 0.00
Día 3	4.13 ± 0.02	4.14 ± 0.02	4.13 ± 0.02	4.12 ± 0.00
Día 4	4.03 ± 0.01	4.06 ± 0.02	4.03 ± 0.01	4.04 ± 0.01
Día 5	3.99 ± 0.01	4.00 ± 0.04	3.99 ± 0.01	3.96 ± 0.05

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Observamos que, para todas las procedencias de la masa de yuca, el pH de masa disminuye (12.09% – 15.02%). Ese comportamiento lo podemos verificar en la Figura 2, en la que se muestra la variación del pH de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

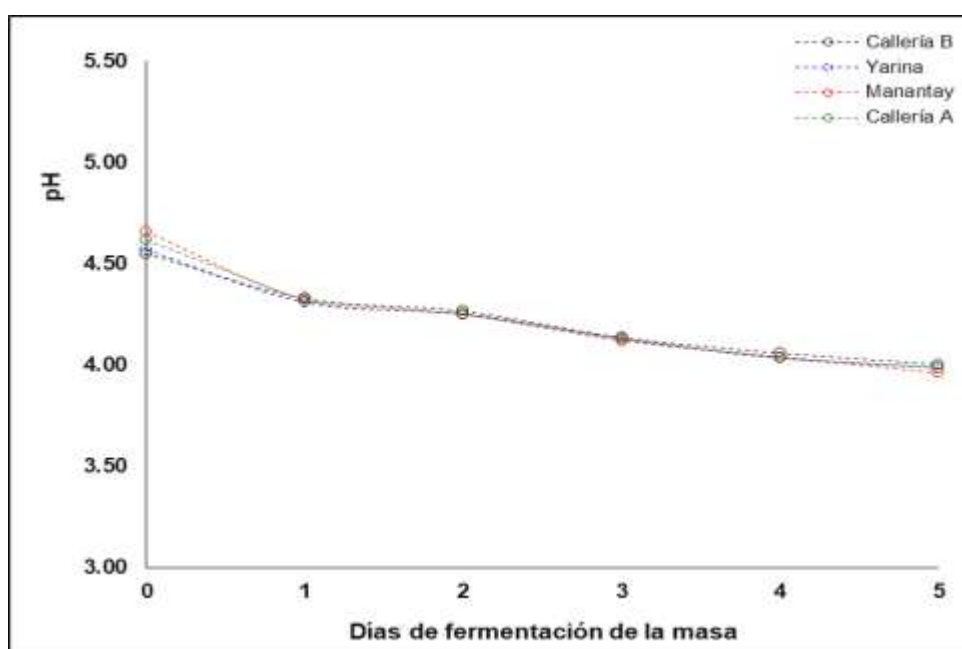


Figura 2. Variación del pH durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

El pH va de 1 a 14. Si el pH es inferior a 7 la disolución es en su conjunto ácida, tanto más ácida cuanto menor sea el valor del pH. En cambio, si el pH es superior a 7, la disolución entra a denominarse básica, y será tanto más básica cuanto mayor sea su pH (AEFA 2023). Cuando el pH de un alimento es mayor a 4.5 se denomina alimento de baja acidez. Mientras que, los alimentos ácidos son aquellos con un pH entre 4 y 4.5. Sin embargo, un alimento de alta acidez presenta un pH igual o inferior a 4 (Terra Food Tech 2021). En ese sentido, la masa de yuca al inicio del proceso (día 0) presentó un $\text{pH} > 4.5$, luego de trata de un alimento de baja acidez; mientras que, para el fin del proceso (día 5) la masa de yuca fermentada presenta un $\text{pH} < 4.0$, constituyéndose como un alimento de alta acidez.

El pH es un factor importante en la fermentación, porque determina las condiciones ideales para los microorganismos, a la vez controla cualquier tipo de contaminación bacteriana, crecimiento de levaduras y la velocidad de fermentación. Durante la fermentación, las levaduras toman nitrógeno de los aminoácidos orgánicos, perdiendo su carácter anfótero y pasando a ácidos, originando la disminución del pH del medio (Rodríguez, citado por Paucar 2016). Los alimentos fermentados con valores de pH entre 3,0 y 4,0 presentan mejor resistencia a las bacterias que pueden alterar las cualidades de la bebida (Assis Neto *et al.* Costa de Sena *et al.* 2017). El pH bajo, además de inhibir la contaminación bacteriana del producto fermentado, favorece el crecimiento de levaduras, que son microorganismos que muestran un crecimiento óptimo en pH ácido (Torres Neto *et al.* Costa de Sena *et al.* 2017).

4.1.2.Acidez titulable

En el Cuadro 6 se reporta los valores de la acidez de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 6. Valores de la acidez (% de ácido acético) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.30 ± 0.00
Día 1	0.35 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.36 ± 0.01
Día 2	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.01
Día 3	0.48 ± 0.01	0.48 ± 0.01	0.48 ± 0.01	0.48 ± 0.01
Día 4	0.51 ± 0.01	0.51 ± 0.01	0.50 ± 0.01	0.51 ± 0.01
Día 5	0.60 ± 0.01	0.61 ± 0.00	0.60 ± 0.01	0.60 ± 0.01

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Observamos que, para todas las procedencias de la masa de yuca, la acidez de la masa se incrementa (100.00% – 110.34%). Ese comportamiento lo podemos verificar en la Figura 3, en la que se muestra la variación de la acidez de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

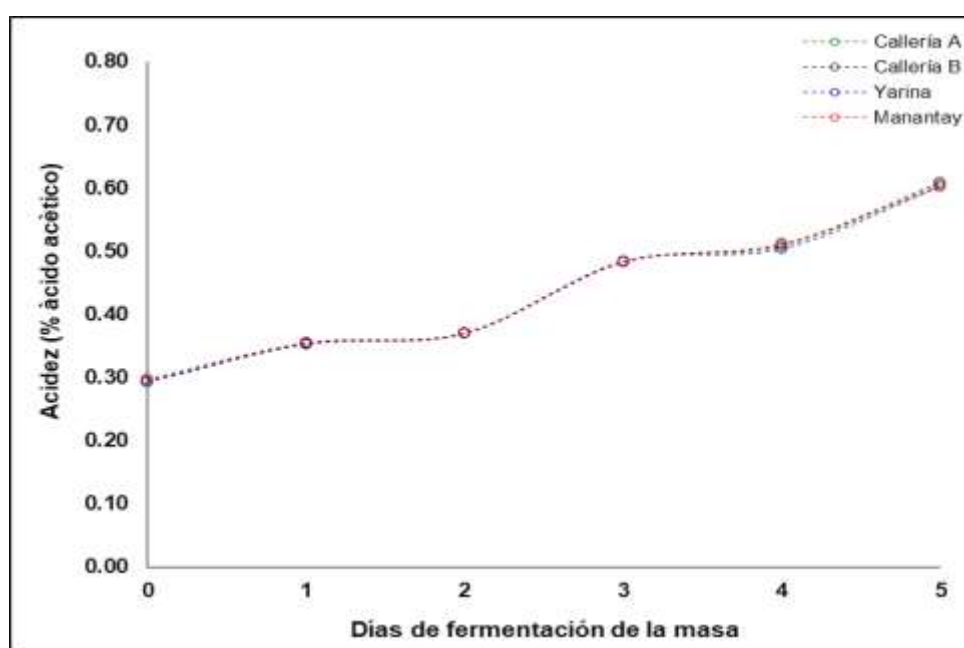


Figura 3. Variación de la acidez durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

El incremento en la acidez es inversamente proporcional al valor del pH, el que también es un indicador de la acidez de los alimentos, La acidez de la masa de yuca se incrementa con el tiempo de fermentación; el mayor cambio se da en el segundo y tercer día (29.73%), dicho incremento dificulta el crecimiento de bacterias consideradas patógenas: *Clostridium*, *Escherichia*, *Listeria*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, entre otras (Carrillo *et al.* citado por Paucar 2016).

El incremento de la acidez se da porque las levaduras toman nitrógeno de los aminoácidos originando el aumento de la acidez del medio (Rodríguez, citado por Paucar 2016). Además; los niveles de acidez presentes en los productos fermentados se deben a la producción de ácidos orgánicos como el ácido succínico, ácido acético, ácido láctico, entre otros durante el proceso de fermentación (Oliveira *et al.* Citado por Costa de Sena *et al.* 2017).

4.1.3. Grados brix

En el Cuadro 7 se reporta los valores de los sólidos solubles (°Brix) de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 7. Valores de los °Brix durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	22.17 ± 0.06	22.17 ± 0.06	22.23 ± 0.23	22.27 ± 0.21
Día 1	21.60 ± 0.10	21.67 ± 0.15	21.70 ± 0.10	21.60 ± 0.10
Día 2	21.40 ± 0.10	21.47 ± 0.06	21.40 ± 0.10	21.40 ± 0.10
Día 3	20.80 ± 0.10	20.87 ± 0.06	20.77 ± 0.06	20.80 ± 0.10
Día 4	20.70 ± 0.00	20.63 ± 0.12	20.70 ± 0.00	20.70 ± 0.00
Día 5	20.50 ± 0.10	20.47 ± 0.06	20.50 ± 0.10	20.50 ± 0.10

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Se observa que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hay una ligera disminución (7.53% – 7.95%) de los °Brix de la masa. Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 4, en la que se muestra la variación de los °Brix de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

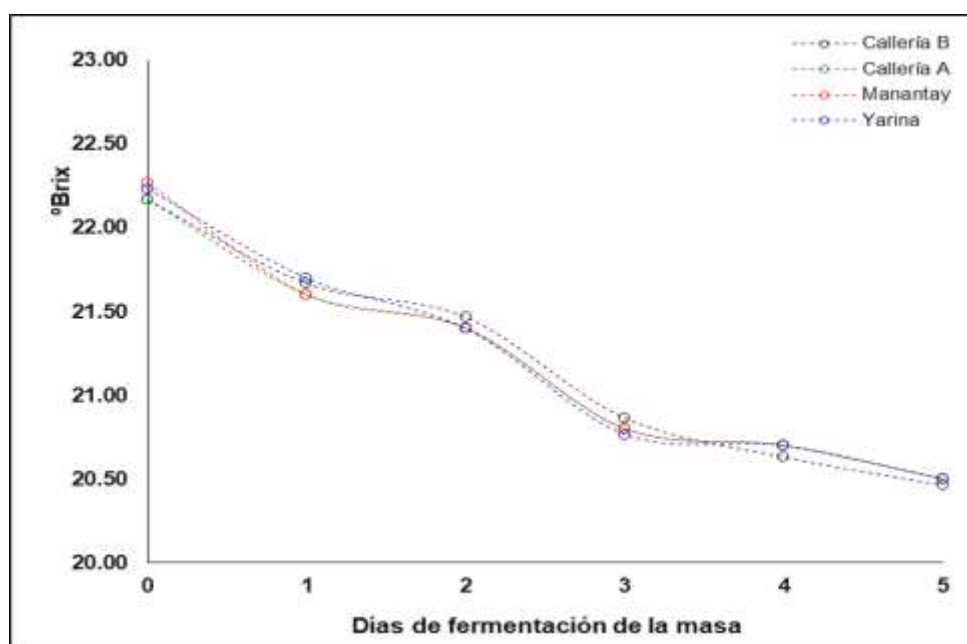


Figura 4. Variación de los °Brix durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Al inicio de la fermentación, los azúcares presentes en la masa de yuca fueron hidrolizados durante el proceso de cocción, de ahí los mayores valores de los °Brix, con el inicio del proceso fermentativo empieza a decrecer.

Los °Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están conformados por los azúcares, ácidos, sales y otros compuestos solubles en agua presentes en los jugos. (Ocampo, citado por Paucar 2016). En la investigación, durante los tres primeros días del proceso fermentativo ocurre el mayor consumo (5.86% – 6.60%) de los °Brix, este comportamiento coincide con el comportamiento del pH e inversamente con la acidez de la masa de yuca. Los sólidos solubles disminuyen durante la fermentación, lo que es un indicador del consumo de azúcares, al mismo tiempo se hace evidente el aumento del grado de alcohol (Bautista, citado por Ríos *et al.* 2016). La disminución en los sólidos solubles se debe a la transformación de azúcares solubles a etanol y CO₂ (Sinergia, citado por Lucero 2015). Las levaduras son las responsables de esta transformación, fermentación alcohólica, etapa crucial en la fermentación de bebidas (Sepúlveda, citado por Lucero 2015).

4.1.4. Humedad

En el Cuadro 8 se reporta los valores de la humedad de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 8. Valores de la humedad (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	60.81 ± 0.02	60.88 ± 0.05	60.75 ± 0.07	60.81 ± 0.02
Día 1	68.80 ± 0.09	68.22 ± 0.58	68.81 ± 0.07	68.93 ± 0.06
Día 2	73.02 ± 0.02	73.36 ± 0.28	72.96 ± 0.07	73.03 ± 0.02
Día 3	75.29 ± 0.34	75.54 ± 0.06	75.39 ± 0.07	75.66 ± 0.30
Día 4	75.52 ± 0.19	76.00 ± 0.54	75.54 ± 0.07	75.84 ± 0.24
Día 5	76.42 ± 0.54	78.67 ± 0.02	78.58 ± 0.07	76.82 ± 0.17

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Observamos que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hay un incremento (25.67% – 29.35%) de la humedad de la masa. Sin embargo, el mayor incremento de la humedad se dio hasta el tercer día de fermentación (23.81% - 24.42%). Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 5, en la que se muestra la variación de la humedad de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Los tres primeros días del proceso fermentativo de la masa de yuca ocurre el incremento de la humedad, dicha variación en el contenido de humedad podría ser explicado desde la bioquímica de la fermentación alcohólica.

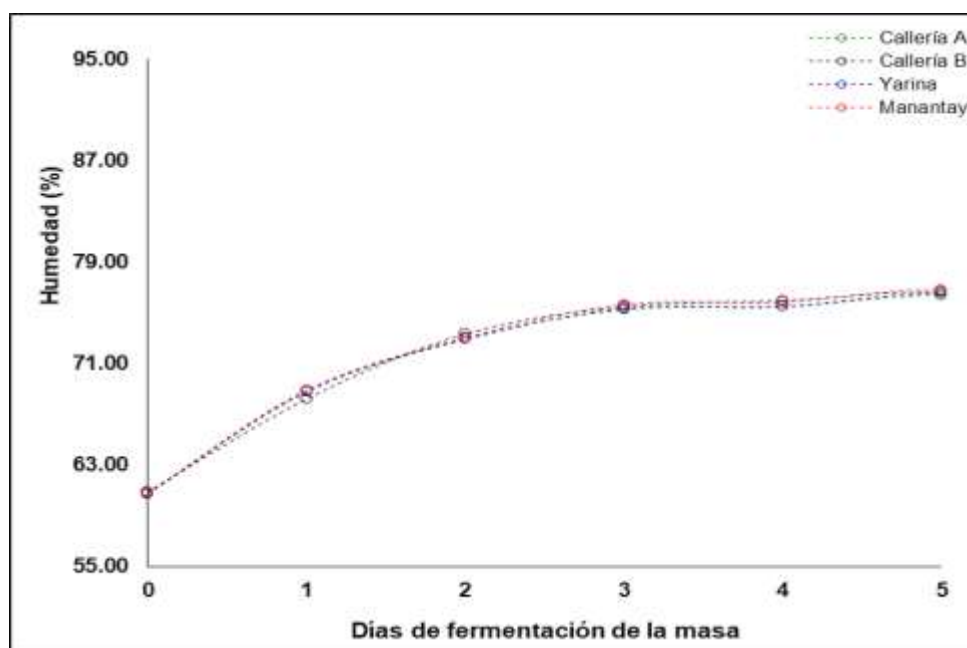
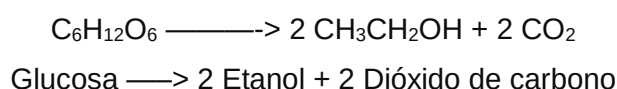


Figura 5. Variación del contenido de humedad (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

La fermentación alcohólica es un proceso anaerobio en el que las levaduras y algunas bacterias, descarboxilan el piruvato obtenido de la ruta Embden-Meyerhof-Parnas (glicolisis) dando acetaldehído, y éste se reduce a etanol por la acción del NADH_2 (LaEdu.digital 2023). La reacción global, conocida como la ecuación de Gay-Lussac:



El balance energético de la fermentación se expresa como:



Luego, como entre los productos de la reacción se tiene dos moléculas de agua, ello estaría siendo detectado al momento de la determinación de la humedad de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

4.1.5. Aceites y grasas

En el Cuadro 9 se reporta los valores del contenido de aceites y grasas de la masa de yuca durante el proceso de fermentación. Se puede observar que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hubo una disminución (16.82% – 22.12%) en el contenido de aceites y grasas de la masa. Sin embargo, durante los tres primeros días del proceso fermentativo el consumo de aceites y grasas fue mayor.

Cuadro 9. Valores del contenido de aceites y grasas (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	1.08 ± 0.00	1.07 ± 0.00	1.07 ± 0.00	1.04 ± 0.05
Día 1	0.85 ± 0.01	0.84 ± 0.00	0.85 ± 0.00	0.85 ± 0.05
Día 2	0.83 ± 0.02	0.82 ± 0.00	0.82 ± 0.00	0.83 ± 0.01
Día 3	0.75 ± 0.05	0.76 ± 0.03	0.80 ± 0.00	0.79 ± 0.01
Día 4	0.87 ± 0.02	0.85 ± 0.01	0.86 ± 0.00	0.83 ± 0.03
Día 5	0.86 ± 0.04	0.87 ± 0.02	0.89 ± 0.00	0.81 ± 0.01

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 6, en la que se muestra la variación del contenido de aceites y grasas de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

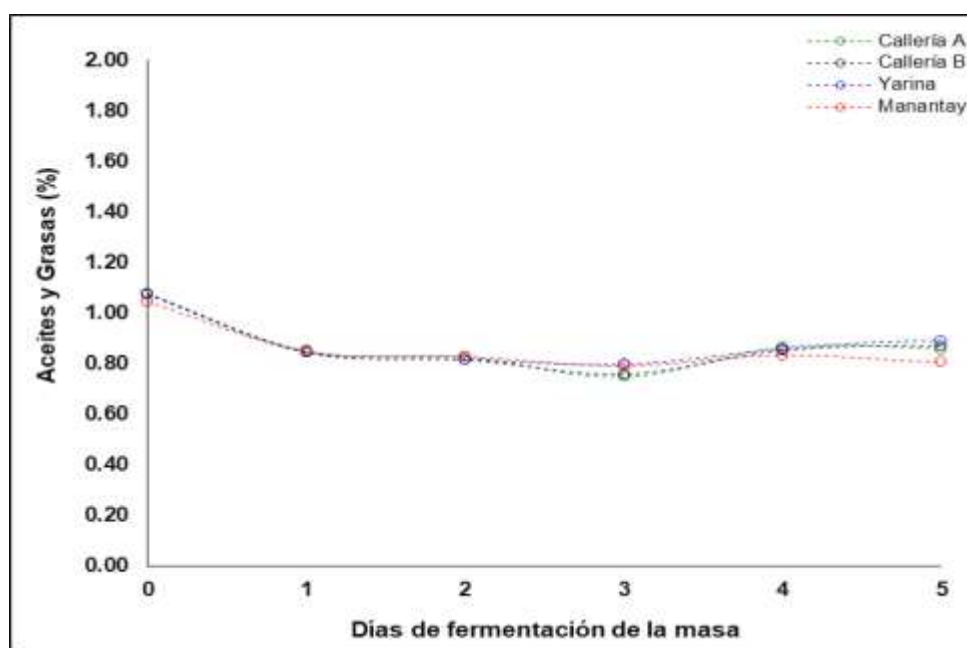


Figura 6. Variación del contenido de aceites y grasas (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

La fermentación anaeróbica incluye microorganismos con diferentes características y capacidades, durante el proceso de producción del metabolito los productos finales son sustancias orgánicas. En los procesos anaerobios los microorganismos producen mucho menos energía que en los aerobios, y para suplir sus necesidades de energía metabolizan una mayor cantidad de moléculas; es decir, utilizan rutas

catabólicas de polisacáridos, aminoácidos y glicerol. para la producción de glucosa (Corrales *et al.* 2015); lo que sería un indicador del por qué de la disminución del contenido de aceites y grasas durante los tres primeros días del proceso fermentativo. Por otro lado, el ligero incremento en el contenido de aceites y grasa de la masa de yuca podría explicarse porque, las bacterias anaerobias fermentativas dan como resultado de la fermentación alcoholes y ácidos grasos (Campbell y Reece, citado por Corrales *et al.* 2015).

4.1.6. Proteína

En el Cuadro 10 se reporta los valores del contenido proteico de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 10. Valores del contenido proteico (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	1.04 ± 0.03	1.00 ± 0.01	1.03 ± 0.03	0.99 ± 0.07
Día 1	1.08 ± 0.03	0.99 ± 0.01	1.05 ± 0.05	1.00 ± 0.08
Día 2	0.96 ± 0.02	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.02	0.94 ± 0.03
Día 3	0.96 ± 0.05	0.96 ± 0.05	0.96 ± 0.05	0.98 ± 0.02
Día 4	0.95 ± 0.09	0.94 ± 0.06	0.95 ± 0.09	0.95 ± 0.09
Día 5	0.98 ± 0.01	0.97 ± 0.01	0.98 ± 0.01	0.98 ± 0.01

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Podemos observar que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hubo una ligera disminución (1.01% – 5.77%) en el contenido proteico de la masa. Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 7, en la que se muestra la variación del contenido proteico de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

La ligera variación en el contenido proteico se debe a que, durante el proceso fermentativo de las bacterias anaerobias hay una serie de reacciones metabólicas que interaccionan en ausencia de oxígeno, originando la hidrólisis y fermentación de sólidos insolubles (celulosa o hemicelulosa) o de proteínas; posteriormente, dichas moléculas hidrolizadas son catalizadas por las bacterias fermentativas en alcoholes y ácidos grasos (Corrales *et al.* 2015).

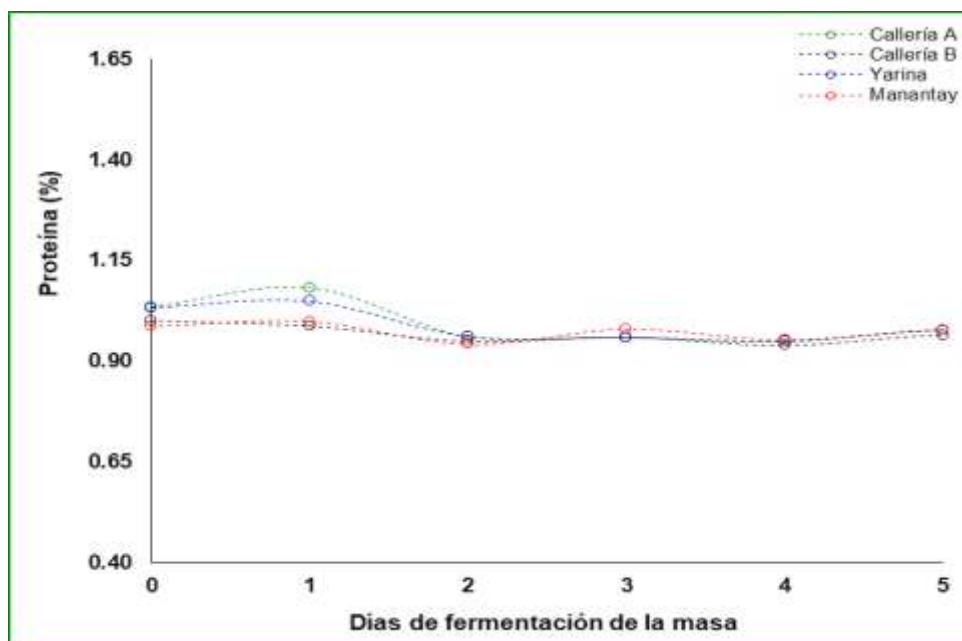


Figura 7. Variación del contenido de proteína (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Por otro lado, el pH es un factor importante en la fermentación ya que determina las condiciones ideales que tienen los microorganismos y así poder controlar cualquier tipo de contaminación bacteriana como también al efecto del crecimiento de levaduras y en la velocidad de fermentación. En el transcurso de la fermentación las levaduras toman nitrógeno de los aminoácidos orgánicos (proteínas), perdiendo su carácter anfótero y pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. (Rodríguez, citado por Paucar 2016).

4.1.7. Fibra cruda

En el Cuadro 11 se reporta los valores del contenido de fibra cruda de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Se observa que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hubo una ligera disminución (3.83% – 8.15%) en el contenido de fibra cruda de la masa. Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 9, en la que se muestra la variación del contenido de fibra cruda de la masa de yuca durante el proceso de fermentación. Sin embargo, durante los tres primeros días ocurre el mayor descenso (2.20% – 6.42%) del contenido de fibra cruda de la masa de yuca durante el proceso fermentativo, Más aún, es durante el tercer día donde ocurre el mayor descenso (2.75% – 5.91%) del contenido de fibra cruda.

Cuadro 11. Valores del contenido de fibra cruda (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	1.87 ± 0.04	1.82 ± 0.04	1.84 ± 0.05	1.83 ± 0.02
Día 1	1.82 ± 0.10	1.83 ± 0.04	1.85 ± 0.05	1.82 ± 0.10
Día 2	1.86 ± 0.01	1.84 ± 0.01	1.82 ± 0.03	1.82 ± 0.02
Día 3	1.75 ± 0.01	1.78 ± 0.02	1.73 ± 0.04	1.77 ± 0.03
Día 4	1.77 ± 0.01	1.77 ± 0.01	1.75 ± 0.03	1.77 ± 0.07
Día 5	1.76 ± 0.04	1.71 ± 0.02	1.69 ± 0.09	1.76 ± 0.04

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Es necesario mencionar que la fibra cruda corresponde a la fracción no digerible de los alimentos, cuanto mayor sea su concentración en un producto, menor será su valor alimenticio, es toda sustancia orgánica no nitrogenada; no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino, los principales componentes son la celulosa, hemicelulosas y lignina (Hispley, citado por García *et al.* 2008; (Matissek, citado por Paz 2014).

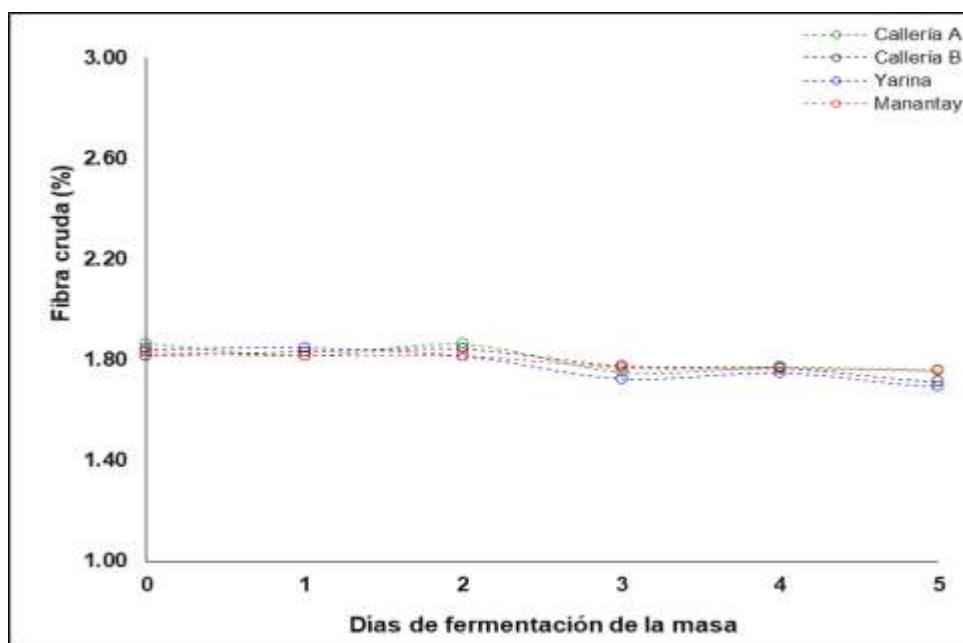


Figura 8. Variación del contenido de fibra cruda (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Por tanto, la disminución visible del contenido de fibra durante los tres primeros días del proceso fermentativo de la masa de yuca, se debe a que al existir parte de fibra

cruda (celulosa hidrolizada por cocción de la yuca), esta es fermentada o consumida por los microorganismos; luego del tercer día, el contenido de fibra tiende a permanecer constante debido a la existencia de compuestos que no son fermentados por los microorganismos presentes en el medio (Aquarone *et al.* citado por Costa de Sena *et al.* 2017).

4.1.8. Carbohidratos

En el Cuadro 12 se reporta los valores del contenido de carbohidratos de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 12. Valores del contenido de carbohidratos (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	34.65 ± 0.01	34.65 ± 0.05	34.74 ± 0.11	34.76 ± 0.02
Día 1	26.87 ± 0.19	27.53 ± 0.58	26.86 ± 0.07	26.83 ± 0.19
Día 2	22.85 ± 0.03	22.54 ± 0.28	22.96 ± 0.09	22.90 ± 0.04
Día 3	20.67 ± 0.26	20.40 ± 0.08	20.55 ± 0.08	20.23 ± 0.30
Día 4	20.38 ± 0.13	19.92 ± 0.52	20.39 ± 0.07	20.09 ± 0.13
Día 5	19.51 ± 0.61	19.30 ± 0.05	19.37 ± 0.18	19.16 ± 0.15

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Observamos que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hubo una disminución (43.69% – 44.88%) en el contenido de carbohidratos de la masa. Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 9, en la que se muestra la variación del contenido de carbohidratos de la masa de yuca durante el proceso de fermentación. Sin embargo, en la Figura 9 también se observa que la mayor disminución (40.35% – 41.80%) ocurre durante los tres primeros días del proceso fermentativo de la masa de yuca; más aún, es durante el primer día el que ocurre la mayor caída en la concentración (aproximadamente 21.40%) de carbohidratos, ello se visualiza por la mayor pendiente en la Figura 9. Dicha disminución se debe porque los carbohidratos son utilizados para la producción de azúcares más simples y diversos ácidos orgánicos, provocando la disminución en su concentración y a la vez un aumento de la acidez total (Chisté y Cohen 2011).

Luego del tercer día, se observa un leve descenso (3.11% – 5.00%) del contenido de carbohidratos de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

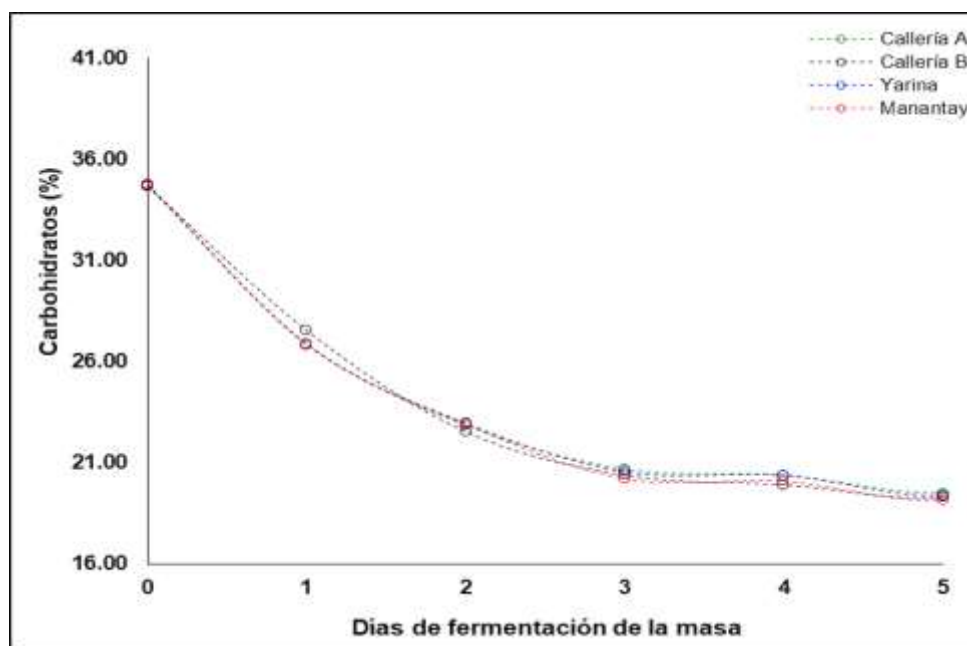


Figura 9. Variación del contenido de carbohidratos (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

La disminución del contenido de carbohidratos son un indicador de la transformación de los azúcares en etanol y un adecuado desempeño de los microorganismos encargados del proceso fermentativo (Rizzon, citado por Costa de Sena *et al.* 2017).

La mínima disminución del contenido de carbohidratos (a partir del tercer día del proceso fermentativo) es porque los carbohidratos presentes en la masa de yuca son no fermentables, ello se refleja en la variación de los °Brix, pH, acidez y humedad de la masa de yuca (Nozaki, citado por Costa de Sena *et al.* 2017).

El rápido consumo de los carbohidratos de la masa de yuca durante el proceso fermentativo, podría deberse porque en el masato se identificaron cepas de *Lactiplantibacillus plantarum*; además, *Limosilactobacillus fermentum*, *Pediococcus acidilactici* y *Weissella confusa* (Rebaza-Cardenas *et al.*, 2021). *Lac. plantarum* es la especie que se encuentra con mayor frecuencia en plantas y alimentos de origen vegetal, y es una especie capaz de ocupar una amplia gama de nichos ecológicos (Yu *et al.* Citado por Rebaza-Cardenas *et al.*, 2021). Esto está relacionado por su versatilidad y plasticidad genómica, porque es capaz de adquirir o perder diferentes características genéticas ligadas a los requerimientos ambientales (Siezen *et al.* Citado por Rebaza-Cardenas *et al.*, 2021), siendo el *Lac. plantarum* altamente especializado en la utilización de carbohidratos (Evanovivh *et al.* Citado por Rebaza-Cardenas *et al.*, 2021).

4.1.9. Cenizas

En el Cuadro 13 se reporta los valores del contenido de cenizas de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 13. Valores del contenido de cenizas (%) durante el proceso de fermentación de la masa de yuca, según procedencia

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.56 ± 0.00	0.57 ± 0.01	0.56 ± 0.00	0.56 ± 0.00
Día 1	0.59 ± 0.00	0.58 ± 0.00	0.59 ± 0.00	0.58 ± 0.00
Día 2	0.49 ± 0.00	0.49 ± 0.00	0.49 ± 0.00	0.49 ± 0.00
Día 3	0.58 ± 0.00	0.57 ± 0.01	0.57 ± 0.00	0.57 ± 0.00
Día 4	0.51 ± 0.00	0.52 ± 0.00	0.51 ± 0.00	0.51 ± 0.00
Día 5	0.48 ± 0.00	0.48 ± 0.00	0.49 ± 0.02	0.48 ± 0.00

Los valores representan la media ± SD, para n = 3.

Observamos que, para todas las procedencias de la masa de yuca, hay una ligera disminución total (12.50% – 15.79%) en el contenido de cenizas de la masa. Dicho comportamiento lo podemos verificar en la Figura 10, en la que se muestra la variación del contenido de cenizas de la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

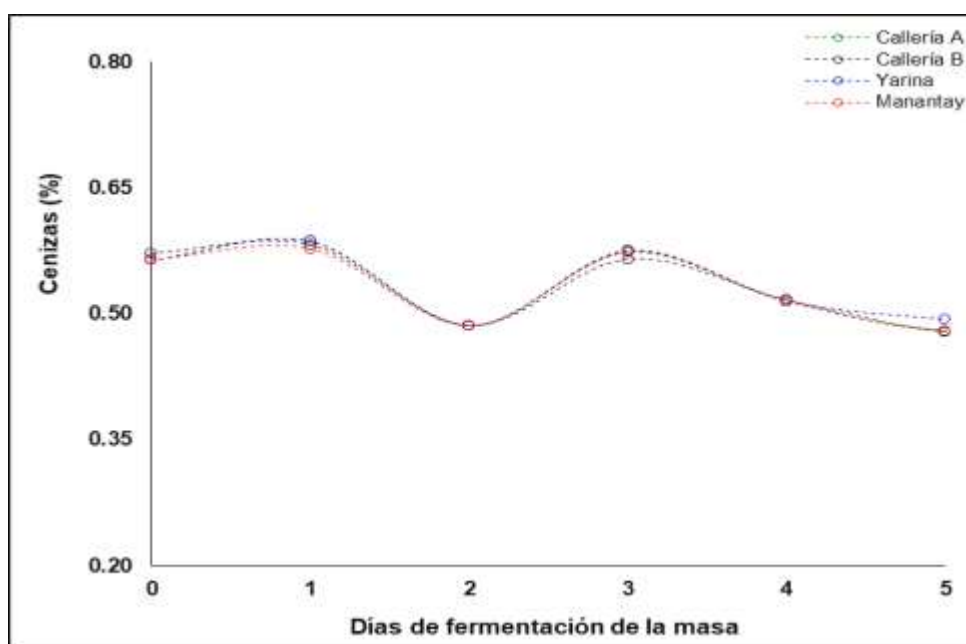


Figura 10. Variación del contenido de cenizas (%) durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

En otros estudios, el contenido de cenizas de la masa de yuca fermentada fue de 1.91 ± 0.02 g/100 g (Mariñas 2014); la yuca blanca sancochada tiene 0.9 g/100 g (MINSA 2017). Ambos reportes son mayores a lo determinado en la investigación (0.48% - 0.57%) para la masa de yuca durante el proceso fermentativo; el contenido de cenizas nos indica aproximadamente el contenido de compuestos minerales, sales y otros elementos. El comportamiento de la variación de la ceniza son propios de la desviación de los equipos, procedimiento analítico y analista; dichos resultados son rectificadas con los valores de SD. En la literatura se menciona que, cantidades excesivas de sales minerales ejercen efectos depresivos sobre la levadura, o actúan en el sentido de reducir el rendimiento fermentativo (Montejo 2010).

Por otro lado, las bebidas fermentadas autóctonas se elaboran mezclando almidones o azúcares con agua, los cuales se fermentan naturalmente sin condiciones de control microbiológico o ambiental (McGovern, citado por Mayorga *et al.* 2021); los microorganismos pueden ser estimulados por diversas fuentes como: saliva, agua agregada al sustrato, el ambiente, utensilios y recipientes, en los cuales se podrían encontrar restos o residuos de bacterias de fermentaciones anteriores (Yeo *et al.* citado por Mayorga *et al.* 2021); este tipo de fermentación mejora la biodisponibilidad y síntesis de vitaminas y minerales esenciales (Ramos y Schwan, citado por Mayorga *et al.* 2021), mejorando la calidad nutricional de la bebida, debido a la producción de biomoléculas (Capozzi *et al.* citado por Mayorga *et al.* 2021).

4.2. Calidad microbiológica de la masa de yuca durante el proceso fermentativo

4.2.1. Aerobios mesófilos viables

En el Cuadro 14 se reporta los valores de la concentración de los microorganismos aeróbicos mesófilos viables en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 14. Concentración de aerobios mesófilos viables (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	4.20E7	4.70E7	3.50E7	4.90E7
Día 1	3.70E7	3.65E7	2.64E7	3.65E7 ⁷
Día 2	6.10E7	6.85E7	4.40E7	7.10E7
Día 3	4.97E6	7.17E6	7.00E6	6.00E6
Día 4	2.20E5	5.85E5	1.79E5	3.65E5
Día 5	2.10E5	1.00E5	7.29E4	5.00E5
Día 6	4.00E5	4.30E5	3.57E5	5.00E5

Los valores representan la media, para n = 2.

En la Figura 11 se muestra la variación de la concentración (UFC/g) de los aerobios mesófilos viables en la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

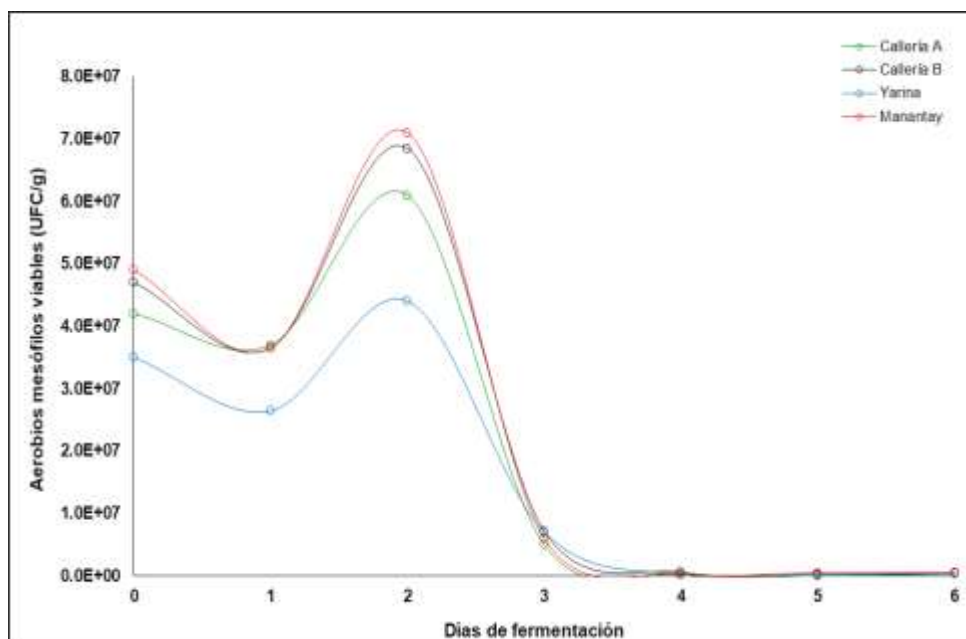


Figura 11. Variación de la concentración de microorganismos aeróbicos mesófilos viables durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Observamos que, para el primer día de fermentación hay un descenso en la concentración de los microorganismos mesófilos viables; esto podría deberse que los microorganismos entran a una fase de adaptación, puesto que al inicio de la

fermentación, al no encontrar un ambiente óptimo tardan más en su etapa de adaptación (Lucero 2015); desde el primer día hasta el segundo hay un crecimiento exponencial; del segundo al tercer día de fermentación ocurre un descenso brusco de la concentración de microorganismos aerobios mesófilos viables, llegando al tercer día con una concentración promedio de $6.29E+06$ UFC/g, continuando el descenso hasta llegar a la concentración de $4.22E+06$ UFC/g al sexto día de fermentación.

Los microorganismos presentan una curva de crecimiento, donde las etapas de adaptación, crecimiento, estacional, y muerte dependen directamente de los productos que se generan durante el proceso fermentativo (Maestre, citado por Lucero 2015). Además, el descenso de la concentración de aerobios mesófilos viables, se debe al descenso del pH durante el proceso fermentativo, porque inhibe la contaminación bacteriana del producto fermentado; pero favorece el crecimiento de levaduras, que son microorganismos que muestran un crecimiento óptimo en pH ácido (Torres *et al.*, 2006;).

El descenso del pH podría ser debido a la presencia bacterias ácido lácticas del “Masato de Yuca”, incluidos los elaborados con saliva humana, siendo la más abundante el *Lactiplantibacillus plantarum* (anaerobio facultativo) seguido por *Companilactobacillus alimentarius* y *Lactobacillus acidophilus* (Sedano, citado por Rebaza-Cárdenas *et al.* 2021). Recientemente se ha reportado muchas bebidas fermentadas elaboradas a partir de la yuca por comunidades indígenas de América del Sur, en todos ellos se aislaron diferentes lactobacilos, la mayoría de especies de *Lactiplantibacillus plantarum* (Chacón-Mayorga *et al.* citado por Rebaza-Cárdenas *et al.* 2021).

4.2.2. Coliformes totales

En el Cuadro 15 se reporta los valores de la concentración de coliformes totales en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 15. Concentración de Coliformes totales (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	4.51E5	3.51E5	3.21E5	3.93E5
Día 1	1.50E7	1.70E7	1.07E7	8.78E6
Día 2	1.60E6	1.60E6	1.14E6	1.60E6
Día 3	1.87E5	1.75E5	1.32E5	2.19E5
Día 4	7.80E4	7.10E4	5.41E4	7.10E4
Día 5	1.00E5	1.00E5	7.12E4	1.00E4
Día 6	0.00	0.00	0.00	0.00

Los valores representan la media, para $n = 2$.

En la Figura 12 se muestra la variación de la concentración (UFC/g) de los coliformes totales en la masa de yuca durante el proceso fermentativo. Podemos observar que, al inicio de la fermentación hay una alta concentración ($3.79E+05$ UFC/g) de coliformes totales; su presencia en los alimentos en un número considerable es indicador de la mala higiene de los alimentos (González 2018). Desde el inicio del proceso fermentativo de la masa y hasta el primer día se observa el crecimiento exponencial de los coliformes totales, luego del cual decae en el segundo día, continuando el descenso hasta llegar a una concentración de 0.0 UFC/g. El comportamiento de las muestras según su procedencia, lo podemos visualizar mucho mejor en la Figura 12.

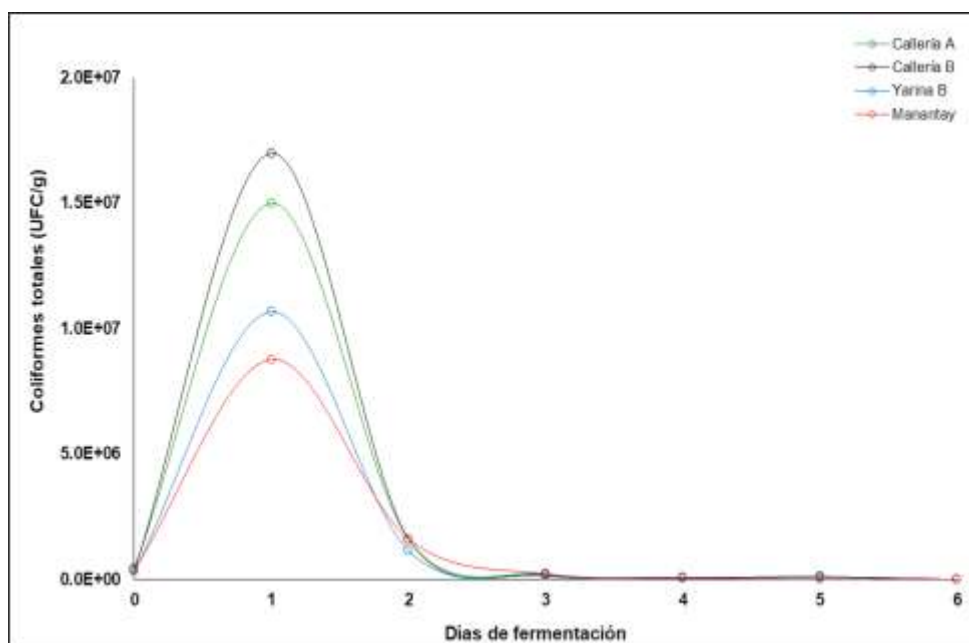


Figura 12. Variación de la concentración de microorganismos coliformes totales durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Cuando el proceso fermentativo de la masa de yuca es realizada en condiciones higiénicas y controlada, hay ausencia de crecimiento de bacterias coliformes debido a la presencia de alcohol y ácido láctico producto del proceso de fermentación involucrado en la preparación del masato (Bussalleu *et al.* 2020). Por otro lado, en muchos procesos fermentativos, específicamente la fermentación láctica, inhibe el crecimiento y la supervivencia de una variedad de organismos patógenos (Şanlıer *et al.* citado por Bussalleu *et al.* 2020). Esto podría estar ocurriendo en la masa de yuca sometida a fermentación, porque al estar la masa contaminada con la presencia de coliformes totales (inicio del proceso), y darse las condiciones óptimas, ocurre el crecimiento exponencial (hasta el día 1); luego del cual, al generarse como productos etanol y ácido láctico, ocurre el descenso de la concentración de coliformes totales.

El grupo de microorganismos coliformes son indicadores de calidad, durabilidad e inocuidad en alimentos y son específicos para cada producto alimenticio (Jay, citado por Paucar 2016); según ello, la masa de yuca al inicio del proceso fermentativo, nunca fue inocua para las cuatro procedencias. Por lo tanto, los problemas sanitarios detectados en alimentos, reflejan un alto riesgo de contraer infecciones alimentarias. Las soluciones de estos problemas, requieren incrementar la educación sanitaria de los manipuladores y consumidores, así como informar a la comunidad y entes de control (Campuzano *et al.* 2015).

4.2.3. Coliformes fecales

En el Cuadro 16 se reporta los valores de la concentración de coliformes fecales en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 16. Concentración de Coliformes fecales (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	2.50×10^3	2.90×10^3	1.78×10^3	2.55×10^3
Día 1	1.20×10^6	1.50×10^6	8.38×10^5	5.70×10^6
Día 2	1.24×10^5	1.64×10^5	1.41×10^5	1.04×10^6
Día 3	3.00×10^3	2.00×10^3	2.11×10^3	1.42×10^5
Día 4	4.70×10^3	6.25×10^3	3.31×10^3	4.62×10^4
Día 5	1.00×10^3	1.00×10^3	7.03×10^2	6.50×10^3
Día 6	0.00	0.00	0.00	0.00

Los valores representan la media, para $n = 2$.

Al inicio del proceso fermentativo, la masa de yuca presenta coliformes fecales, el cual se incrementa exponencialmente hasta el primer día, siendo mayor la concentración en la muestra procedente de Manantay (5.70×10^6 UFC/g). Si también observamos el pH de la masa de yuca, vemos que el pH también es mayor (4.66 ± 0.04). El comportamiento de la concentración de coliformes fecales en la masa de yuca fermentada, lo podemos visualizar en la Figura 13.

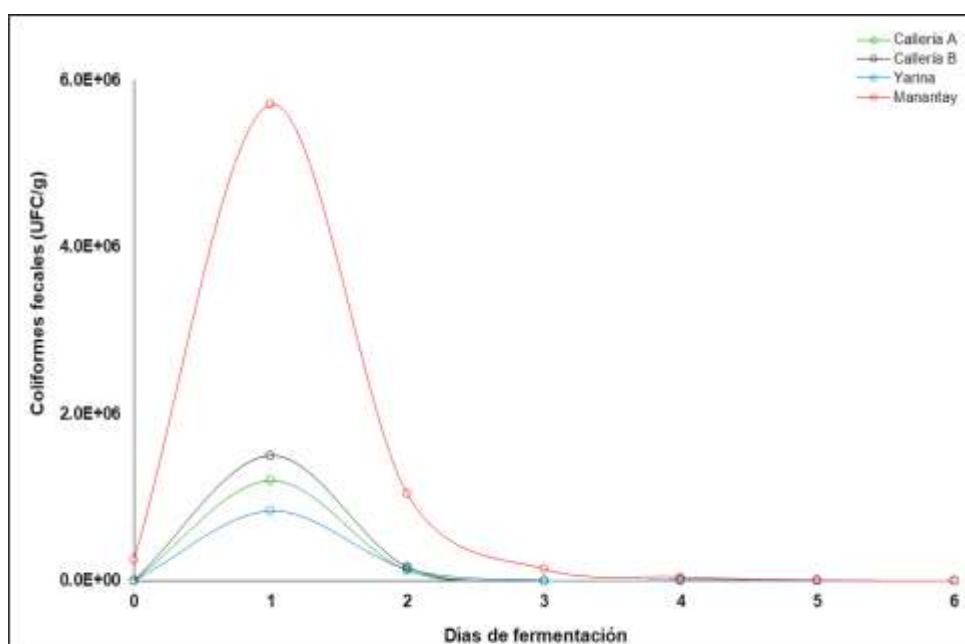


Figura 13. Variación de la concentración de microorganismos coliformes fecales durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

La literatura menciona que, hay una relación muy estrecha entre el pH y la contaminación bacteriana, los productos fermentados con pH alto son más susceptibles al ataque de microorganismos indeseables y cambios físico-químicos perjudiciales para la estabilidad del producto fermentado en comparación con aquellos con pH bajo (Silva, citado por Costa de Sena *et al.* 2017). Todo ello ocurre durante las primeras 24 horas del proceso fermentativo; del primer día hacia el segundo día ocurre un descenso en la concentración de coliformes fecales, ello debido al incremento de la acidez de la masa de yuca (disminución del pH).

El descenso en la concentración de coliformes fecales a partir del tercer día, se debe a las condiciones adversas para su crecimiento, debido al incremento en la producción de etanol, ácido acético y por la presencia de las bacterias ácido lácticas.

Los coliformes fecales descomponen los alimentos, produciendo malos olores, sabor amargo, mucosidades, entre otros. La presencia de coliformes fecales en alimentos se debe a malas prácticas en el manejo de los alimentos, alteración de los alimentos y como agentes etiológicos de enteritis (Olivas y Alarcón, citado por López 2015). También, la presencia de coliformes totales está relacionado con el incumplimiento de los requisitos sanitarios, como las condiciones de los establecimientos, las prácticas inadecuadas de manipulación durante el procesamiento del alimento, los recursos a su disposición y la poca capacitación sobre los estándares mínimos de calidad que debe de llevar la preparación y distribución de un producto que será consumido (Martin *et al.* citado por Gómez-Rave *et al.* 2022).

4.2.4. *Escherichia coli*

Uno de los criterios más utilizados para garantizar la seguridad alimentaria como indicador de calidad de proceso, es la presencia de *Escherichia coli* (Mendonca *et al.* citado por Gómez-Rave *et al.* 2022).

En la literatura existen muchos estudios donde se menciona que, el uso de técnicas de fermentación tiene propiedades protectoras beneficiosas, ya que el proceso puede proteger contra la contaminación microbiana con patógenos dañinos, reduciendo así el riesgo de enfermedades diarreicas (Şanlıer *et al.* citado por Bussalleu *et al.* 2020). En ese contexto, en el Cuadro 17 se reporta los valores de la concentración *E. coli* en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 17. Concentración de *Escherichia coli* (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	2.45E+03	2.15E+03	1.72E+03	2.38E+05
Día 1	1.10E+06	1.05E+06	7.69E+05	5.30E+06
Día 2	1.51E+05	1.18E+05	1.16E+05	9.67E+05
Día 3	2.90E+03	2.73E+03	2.04E+03	6.41E+04
Día 4	4.60E+03	5.10E+03	3.19E+03	4.29E+04
Día 5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.05E+03
Día 6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Los valores representan la media, para n = 2.

Observamos que, al igual que en el caso de coliformes totales, coliformes fecales, también en el caso de *E. coli* al inicio del proceso fermentativo, la masa de yuca contiene una cantidad apreciable de este patógeno, no cumpliendo con la NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01.

Es necesario indicar que la yuca ha sido sometido a cocción, luego se ha triturado manualmente y se agregó un poco de agua; entonces, estos dos procedimientos como las posibles fuentes de contaminación de la masa de yuca. El comportamiento de la presencia de *E. coli* en la masa de yuca fermentada, lo podemos visualizar en la Figura 14.

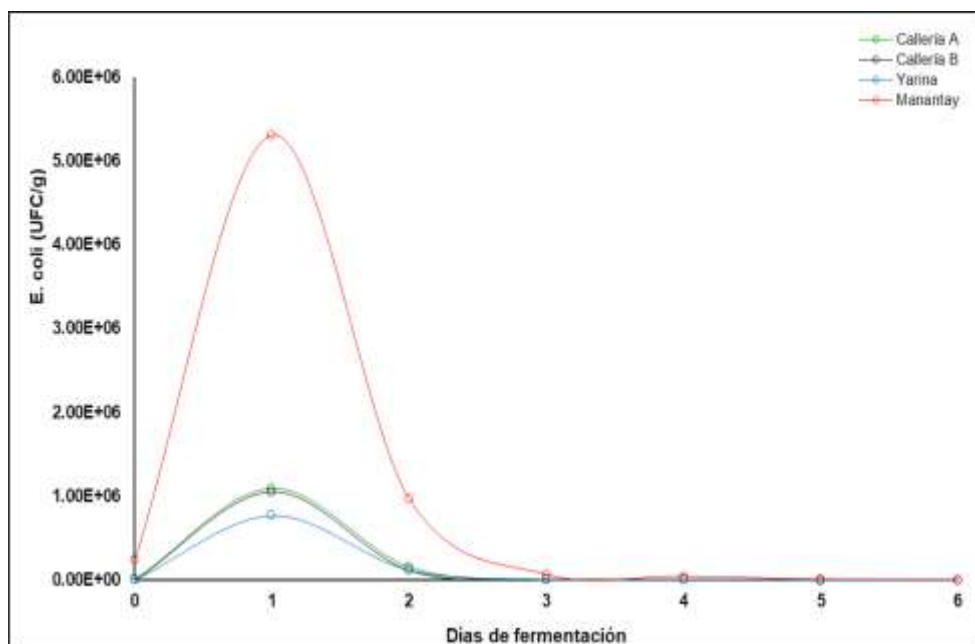


Figura 14. Variación de la concentración de *E. coli* durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Nuevamente observamos que, la masa de yuca de la zona de Manantay es el que presenta mayor crecimiento exponencial durante las primeras 24 horas del proceso fermentativo, lo que dice mucho de las condiciones higiénico-sanitarias en las que se preparó la masa de yuca. Por ello, en la literatura se menciona que la fermentación de masato puede tomar entre 1 y 3 días, dependiendo de la preferencia; sin embargo, muchos consumidores de la bebida de yuca (masato) mencionan que un día de fermentación no es suficiente para producir masato que sea seguro beber (Bussalleu *et al.* 2020), porque la presencia de *Escherichia coli* en los alimentos indica una posible contaminación fecal por lo cual el consumidor en caso de ingerir ese alimento podría estar expuesto a bacterias entéricas referentes al tracto digestivo (Haller *et al.* Citado por Paucar 2016).

Por otro lado, conforme transcurre el proceso fermentativo la presencia de *E. coli* va disminuyendo, debido al incremento de la concentración de alcohol y de la acidez. La presencia de *E. coli*, indican que estos productos no son aptos para el consumo, debido a que este microorganismo es utilizado como indicador de posible contaminación fecal en alimentos, debido a su presencia en heces de humanos y animales (Assefa *et al.* citado por Gómez-Rave *et al.* 2022), y algunas cepas son causantes de enfermedades intestinales, como la diarrea (Aijuka y Buys, citado por Gómez-Rave *et al.* 2022).

4.2.5. *Staphylococcus*

En el Cuadro 18 se reporta los valores de la concentración de *Staphylococcus* en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 18. Concentración de *Staphylococcus* (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Día 1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Día 2	4.50E+01	2.25E+01	1.10E+01	6.00E+00
Día 3	1.20E+01	1.00E+01	2.50E+00	5.50E+00
Día 4	3.00E+00	2.00E+00	5.00E-01	5.00E-01
Día 5	1.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	0.00E+00
Día 6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Los valores representan la media, para n = 2.

Al inicio del proceso fermentativo, la masa de yuca triturada y con poco contenido de agua, no presenta *Staphylococcus*; sin embargo, a partir del segundo día de fermentación se observa un crecimiento exponencial, disminuyendo en el quinto día. El comportamiento de la concentración de *Staphylococcus* en la masa de yuca fermentada, lo podemos visualizar en la Figura 15.

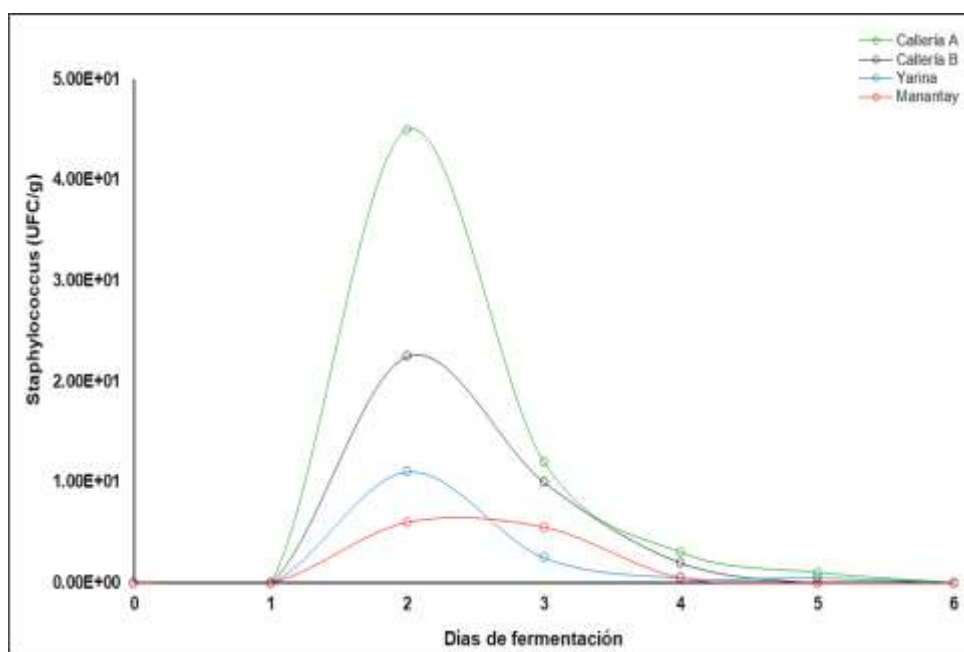


Figura 15. Variación de la concentración de *Staphylococcus* durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Observamos que el mayor crecimiento exponencial (del primer día al segundo día de fermentación) se dio en la masa de yuca proveniente de la zona de Callería A, seguido de la muestra proveniente de la zona de Callería B. Observando el reporte mostrado en el Cuadro 18, en el segundo día de fermentación la masa de yuca excede lo establecido en la NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01.

Por tanto, al incumplir los criterios para *S. aureus*, la masa de yuca del segundo día de fermentación no es adecuados su consumo; dicho microorganismo puede ser transferido al alimento a partir las manos y cavidades nasales de los manipuladores y podrían generar infecciones en la piel, neumonía, artritis o envenenamiento al ingerir una de las toxinas que este microorganismo produce (Lu *et al.* citado por Gómez-Rave *et al.* 2022). Sin embargo, la calidad microbiológica de la masa de yuca, a partir del tercer día de fermentación si estaría cumpliendo con las exigencias la NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01.

4.2.6. Levaduras

En el Cuadro 19 se reporta los valores de la concentración de levaduras en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 19. Concentración de levaduras (UFC/g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	3.90E+07	3.15E+07	2.60E+07	3.15E+07
Día 1	3.08E+07	2.73E+07	2.16E+07	2.45E+07
Día 2	6.05E+07	5.60E+07	4.26E+07	5.06E+07
Día 3	5.20E+06	5.50E+06	5.01E+06	5.50E+06
Día 4	2.26E+05	5.21E+05	1.34E+05	1.03E+04
Día 5	1.05E+02	1.05E+02	7.08E+01	8.30E+01
Día 6	1.43E+02	1.43E+02	1.01E+02	1.25E+02

Los valores representan la media, para $n = 2$.

Luego de la cocción de la yuca y de la preparación de la masa para el proceso fermentativo; observamos una alta concentración de levaduras en las muestras de masa de yuca de las cuatro zonas consideradas en el estudio, el cual conforme transcurre los días de fermentación la concentración disminuye. El comportamiento de la concentración de levaduras en la masa de yuca fermentada, lo podemos visualizar en la Figura 16.

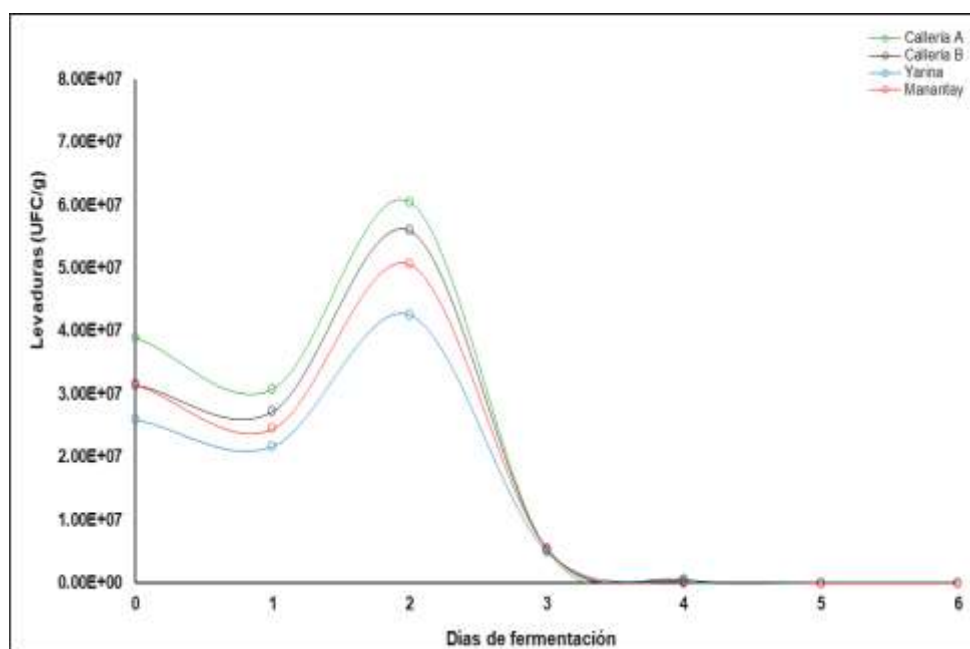


Figura 16. Variación de la concentración de levaduras durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Observamos que inicialmente se tiene una considerable presencia de levaduras propias del proceso, sobre esto, la literatura menciona que las bebidas fermentadas autóctonas se caracterizan por una fermentación espontánea o inducida, con presencia de bacterias, levaduras y, en algunos casos, hongos filamentosos (Mayorga *et al.* 2021); las levaduras encontradas pertenecen al género de *Saccharomyces*, *Candida* y *Pichia*, gracias a ellos se produce una fermentación alcohólica y formación de compuestos aromáticos, con esto se estimula el crecimiento de BAL y se mejora el valor nutricional de las bebidas (Piló *et al.* citado por Mayorga *et al.* 2021).

Durante las 24 horas iniciales del proceso fermentativo de la masa de yuca se observa un ligero descenso o estancamiento del crecimiento microbiano, esto es debido a que las levaduras como todo organismo presenta una curva de crecimiento, donde etapas de adaptación, crecimiento, estacional, y muerte influyen directamente en los productos que generan mientras cada etapa transcurre (Maestre, citado por Lucero 2015); es decir, al no encontrar un ambiente óptimo las levaduras tardan más en su etapa de adaptación, hay poca actividad (Montejo 2010; Verdugo, citado por Lucero 2015), lo que se nota en la velocidad con que generan alcohol las levaduras (Lucero 2015).

Del primer día hasta el segundo día se da un crecimiento exponencial, la levadura *S. cerevisiae* fermenta los carbohidratos de seis carbonos y posee un alto grado de tolerancia al etanol, ya que cuenta con una pared celular rígida (Hidalgo, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015). Por otro lado, las bebidas autóctonas generalmente son fermentadas por bacterias ácido lácticas (BAL), responsables de la acidez y disminución del pH (Mendoza *et al.* citado por Mayorga *et al.* 2021).

En la literatura se reporta el recuento de levaduras ($24.33 \pm \text{UFC/g}$) para la masa de yuca luego de 72 horas (tercer día) de fermentación (Mariñas 2014), dicho valor es mucho menor a lo determinado en la investigación, dicha diferencia podría deberse a que en el presente estudio, se tomó muestras de los procesadores de masato.

A partir del tercer día de fermentación empieza a decaer la concentración de levaduras en la masa de yuca, siendo la concentración alrededor de 100 UFC/g al quinto día del proceso. La acidez se genera por la presencia de bacterias ácido lácticas que aumentan a partir de las 48 horas, aproximadamente el 90% de las BAL presentes en la yuca fermentada disminuyen el azúcar contenido entre 24 y 48

horas, y digieren: glucosa, gluconato, maltosa, melibiosa, rafinosa y sacarosa, mientras que alrededor del 10% de las cepas de BAL fermentan: esculina, celobiosa, glicerol, manitol, melosa y ramnosa (Faria-Oliveira *et al.* citado por Mayorga *et al.* 2021); luego, la fermentación alcohólica se detiene al momento que las levaduras dejan de convertir los azúcares en alcohol porque ya no se encuentran azúcares en el medio o porque han sido inactivadas por la concentración del alcohol presente (Nally, citado por Lucero 2015).

Los alimentos fermentados de elaboración artesanal son tradicionales en muchos países y se relacionan con la pertenencia sociocultural, apoyada en saberes ancestrales de regiones específicas (González Martínez, citado por Gómez-Rave *et al.* 2022), el interés por estos alimentos se ha incrementado, debido a las tendencias por el consumo de alimentos menos procesados y con beneficios saludables al contener bacterias ácido lácticas posiblemente probióticas o sus metabolitos (Tasdemir y Sanlier, citado por Gómez-Rave *et al.* 2022).

4.3. Concentración y tipo de alcoholes superiores durante el proceso fermentativo de la yuca

4.3.1. Acetaldehído

En el Cuadro 20 se reporta la concentración de acetaldehído en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 20. Concentración de acetaldehído (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	3.02 ± 0.25	3.05 ± 0.29	3.03 ± 0.13	3.24 ± 0.31
Día 1	1.13 ± 0.10	1.10 ± 0.07	1.09 ± 0.07	1.13 ± 0.01
Día 2	0.75 ± 0.05	0.76 ± 0.06	0.64 ± 0.02	0.77 ± 0.04
Día 3	0.66 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.62 ± 0.04	0.77 ± 0.02
Día 4	0.62 ± 0.02	0.66 ± 0.11	0.61 ± 0.25	0.86 ± 0.15
Día 5	0.60 ± 0.07	0.59 ± 0.06	0.60 ± 0.12	0.71 ± 0.13
Día 6	1.01 ± 0.10	1.06 ± 0.07	0.96 ± 0.12	1.24 ± 0.06

Los valores representan la media, para n = 3.

Se observa que la concentración de acetaldehído en la masa de yuca disminuye conforme transcurren los días de fermentación. Sin embargo, se da un incremento al sexto día de fermentación. Dicho comportamiento se visualiza en la Figura 17.

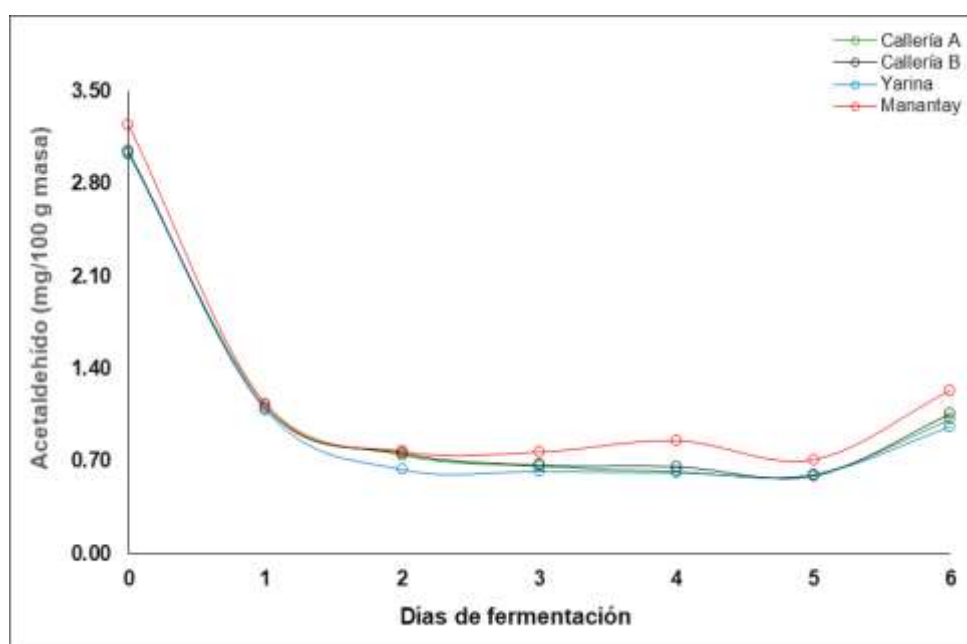


Figura 17. Variación de la concentración de acetaldehído durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

La mayor concentración de acetaldehído (30 ppm) presentó la masa de yuca al inicio de la fermentación; esto debido a que, las concentraciones de acetaldehído más elevadas se forman por el metabolismo de la levadura al principio de la fermentación alcohólica; la levadura excreta acetaldehído durante las fases iniciales de la fermentación alcohólica (Mira 2015). Además, el acetaldehído puede formarse biológicamente (por actividad de la levadura) como químicamente (por oxidación del fermentado) (Nykanen, citado por Mira 2015; Guittin *et al.* 2023).

Por otro lado, conforme transcurre la fermentación, la concentración de acetaldehído disminuye hasta niveles de 6 ppm (quinto día), este descenso podría deberse a la reutilización del acetaldehído, por ello, las cantidades alcanzadas varían y dependen de las condiciones de fermentación y a la levadura involucrada (Cheraiiti *et al.* citado por Mira 2015). Además, el acetaldehído se acumula durante la fase de crecimiento; sin embargo, es consumido por la levadura durante la fase estacionaria, además de evaporarse durante todo el proceso (Guittin *et al.* 2023).

Al final de la fermentación observamos un ligero aumento de la concentración de acetaldehído; esto podría deberse a que el acetaldehído se forma químicamente por oxidación del etanol por las especies reactivas del oxígeno que se forman al airearse el material fermentativo (Mira 2015; Guittin *et al.* 2023); los aldehídos se

reducen a etanol para el final de la fermentación; si el oxígeno ingresa al proceso, el etanol se oxida nuevamente para convertirse en acetaldehído (Montejo, 2010). El acetaldehído es una molécula de alta reactividad con un aroma que nos recuerda a hierba verde, manzana o nueces, es muy volátil y activo en el sabor (Nykanen, citado por Mira 2015; Guittin *et al.* 2023). Por ello, es necesario mantener una temperatura moderada (20°C) para lograr una reducción de residuos de acetaldehído, de lo contrario, mantener una temperatura fría (12°C) durante toda la fermentación, implica mayores cantidades de residuos (Jackowetz *et al.* Citado por Mira 2015).

El acetaldehído se forma durante la fermentación alcohólica por la descarboxilación del piruvato (eslabón final de la glucólisis), por la actividad de la enzima piruvato deshidrogenasa; también la oxidación de alcoholes o la descarboxilación de cetoácidos pueden conducir a la formación de aldehídos, por la acción de la enzima alcohol deshidrogenasa (Gómez, citado por Rodríguez 2015).

El acetaldehído es un carcinógeno que se encuentra en el alcohol, tabaco y en muchos alimentos, de manera natural o como aditivo, por su olor agradable (Gómez, citado por Rodríguez 2015). Es toxicológicamente relevante, porque se enlaza fácilmente a las proteínas (Tuma y Sorrell, citado por Mira 2015) y al ADN (Hemminki y Suni, citado por Mira 2015).

4.3.2. Acetato de etilo

En el Cuadro 21 se reporta la concentración de acetato de etilo en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 21. Concentración de acetato de etilo (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.10 ± 0.01
Día 1	0.69 ± 0.07	0.68 ± 0.04	0.68 ± 0.06	0.70 ± 0.08
Día 2	1.17 ± 0.02	1.19 ± 0.02	1.13 ± 0.00	1.20 ± 0.02
Día 3	13.90 ± 0.84	15.71 ± 0.82	13.82 ± 0.97	16.29 ± 0.26
Día 4	9.54 ± 0.42	9.08 ± 0.24	9.45 ± 0.46	9.73 ± 0.79
Día 5	83.78 ± 14.56	82.31 ± 8.81	83.53 ± 26.28	93.99 ± 29.82
Día 6	107.32 ± 18.06	111.92 ± 10.98	106.47 ± 18.64	132.36 ± 13.10

Los valores representan la media, para n = 3.

Observamos que la concentración de acetato de etilo en la masa de yuca durante las primeras horas del proceso fermentativo; a partir del segundo día la

concentración empieza a elevarse, presentando altas concentraciones al sexto día del proceso fermentativo, este comportamiento es similar para todas las muestras, lo cual lo podemos corroborar en la Figura 17.

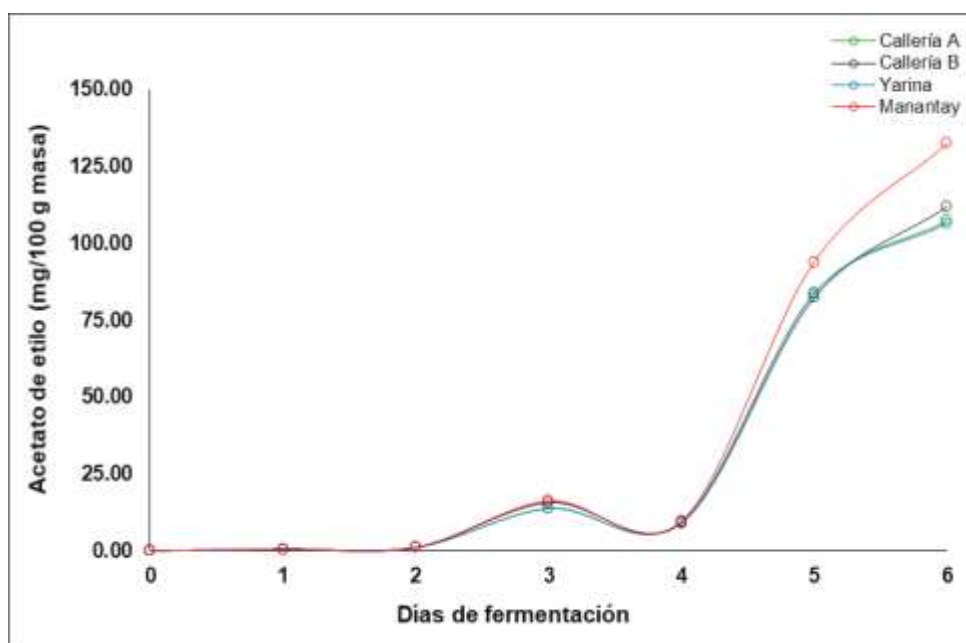


Figura 18. Variación de la concentración de acetato de etilo durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Se observa que al sexto día de fermentación la concentración de acetato de etilo es alta, siendo mucho mayor para la masa de yuca de la zona de Manantay. El compuesto que da a la bebida alcohólica características organolépticas en sabor y olor es el acetato de etilo, se forma durante las etapas de la fermentación natural (Vásquez 2013). En concentraciones altas aporta aroma y sabor indeseable, debido a que la bebida ha permanecido mucho tiempo en contacto con el aire o cuando no ha habido una correcta limpieza (Lovisp y Libkind 2018), esto podría estar sucediendo, porque los que elaboran masato, remueven la masa de yuca, proceso que se estaría realizando sin cuidado y control.

Entre las características importantes en cualquier tipo de fermentación son el aroma y sabor, los que están relacionados con la materia prima a fermentar, y las especies de levaduras que realizan la fermentación; dichos aromas y sabores son el resultado de los diferentes metabolitos de desecho que produce cada cepa; dentro de estos metabolitos se encuentran compuestos azufrados, ésteres (acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de metilo), ácidos orgánicos (butírico, fórmico, propiónico), carbonilos (acetona, acetaldehído), alcoholes (butanol, sec-butanol,

isobutanol), entre otros (Enríquez y Acevedo, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

Por otro lado, la producción de acetato de etilo, por parte de algunas especies de levaduras involucradas en la primera etapa de la fermentación espontánea, alcanza su máximo al principio de la fermentación espontánea (Plata *et al.* 2003).

Las condiciones de cultivo afectan la producción de compuestos secundarios en *S. cerevisiae* (Rojas *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015), la cual produce bajos niveles de ésteres de acetato en condiciones aeróbicas, mientras que otras levaduras no *Saccharomyces*, como, *Hanseniaspora guilliermondii* y *Pichia anomala* producen altas cantidades de acetato de 2-feniletilo y acetato isoamilico, respectivamente (Ibáñez *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

4.3.3. N-Propanol

En el Cuadro 22 se reporta la concentración de n-propanol en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 22. Concentración de n-propanol (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.02
Día 1	1.02 ± 0.02	1.03 ± 0.02	1.01 ± 0.03	1.18 ± 0.03
Día 2	1.26 ± 0.01	1.33 ± 0.04	1.24 ± 0.04	1.46 ± 0.07
Día 3	1.49 ± 0.01	1.45 ± 0.01	1.48 ± 0.01	1.47 ± 0.02
Día 4	1.51 ± 0.20	1.41 ± 0.04	1.44 ± 0.19	1.37 ± 0.05
Día 5	2.45 ± 0.21	2.38 ± 0.30	2.39 ± 0.40	2.65 ± 0.62
Día 6	2.41 ± 0.31	2.50 ± 0.25	2.38 ± 0.35	3.41 ± 0.49

Los valores representan la media, para n = 3.

Se observa que la concentración de n-propanol en la masa de yuca al inicio de la fermentación es muy bajo; sin embargo, conforme avanza los días de fermentación la concentración se incrementa. Siendo mayor la concentración para la masa de yuca de la zona de Manantay (3.41 ± 0.49 mg/100g). Una mejor visualización del comportamiento de la concentración del n-propanol durante el proceso fermentativo se muestra la Figura 17

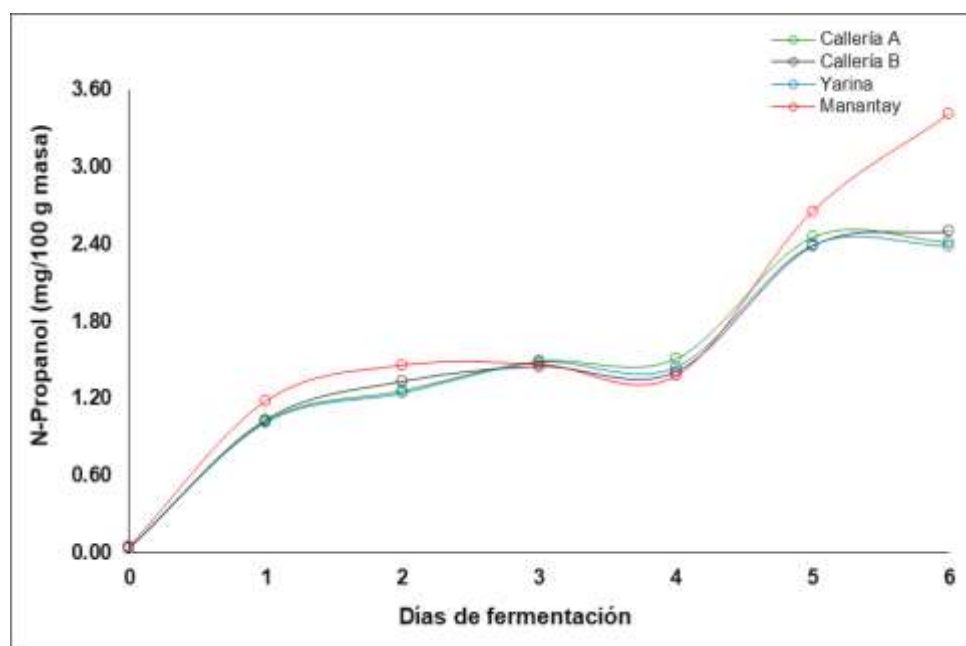


Figura 19. Variación de la concentración de n-propanol durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Observamos un incremento de la concentración de n-propanol conforme pasan los días, siendo mayor para la masa de yuca de la zona de Manantay. El n-propanol forma parte de los alcoholes superiores, este tipo de alcoholes poseen más de dos carbonos, de ahí su denominación.

Los que más influyen en el flavor de las bebidas fermentadas alcohólicas son el propanol, el isobutanol, el feniletanol, el alcohol amílico y el alcohol isoamílico (Olaniran *et al.* citado por Loviso y Libkind 2019). Los alcoholes superiores son el producto del metabolismo secundario de las levaduras, se generan en altas concentraciones respecto de otros compuestos volátiles y son de gran interés por su impacto en el aroma y el sabor de las bebidas alcohólicas, puedes tener un efecto positivo o negativo según su concentración (Procopio *et al.* citado por Loviso y Libkind 2019).

La producción de n-propanol y de otros congéneres dependen de factores como la temperatura, fermentaciones intermedias, tipo de carbohidratos y materia vegetal a fermentar (García *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

4.3.4. Iso Butanol

En el Cuadro 23 se reporta la concentración de i-butanol en la masa de yuca durante el proceso de fermentación. Se observa niveles bajos de la concentración de iso-Butanol al inicio del proceso.

Cuadro 23. Concentración de i-butanol (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.05 ± 0.01
Día 1	0.77 ± 0.00	0.78 ± 0.03	0.76 ± 0.03	0.81 ± 0.02
Día 2	0.91 ± 0.00	0.92 ± 0.03	0.90 ± 0.04	0.96 ± 0.02
Día 3	1.03 ± 0.01	1.04 ± 0.03	1.01 ± 0.02	1.11 ± 0.08
Día 4	0.97 ± 0.00	0.92 ± 0.31	0.90 ± 0.04	1.14 ± 0.08
Día 5	1.03 ± 0.09	0.99 ± 0.09	1.02 ± 0.20	1.12 ± 0.31
Día 6	0.93 ± 0.06	0.95 ± 0.04	0.91 ± 0.06	0.96 ± 0.08

Los valores representan la media, para n = 3.

En la Figura 20 se visualiza mejor el comportamiento de la concentración del i-butanol durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

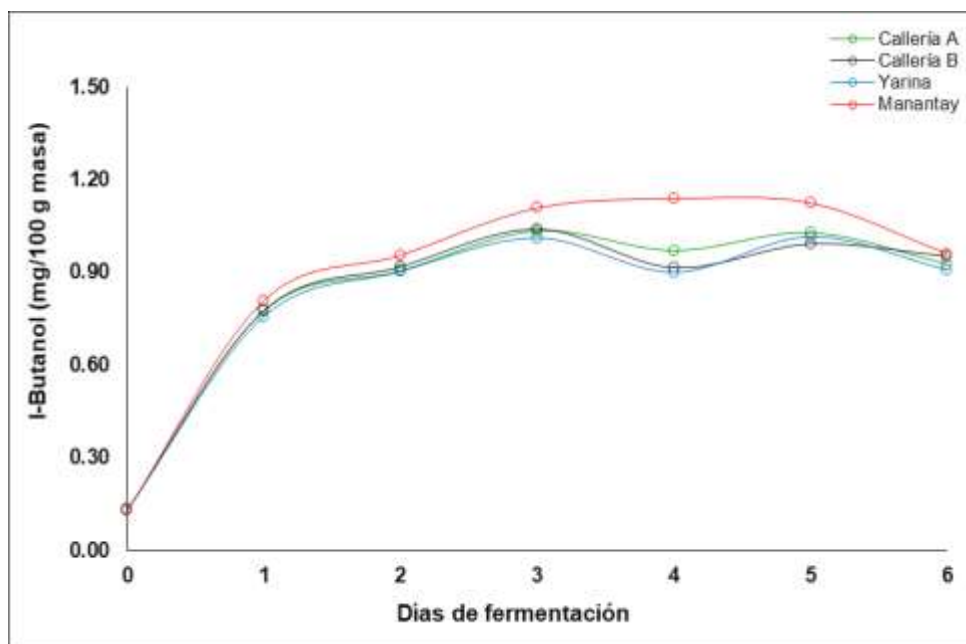


Figura 20. Variación de la concentración de i-butanol durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Se observa un incremento brusco en la concentración de i-butanol al primer día de fermentación, luego del cual, continúa el incremento, pero en menor proporción. Esto podría deberse a que, la producción de alcoholes superiores varía con las cepas de levadura utilizada (Dickinson, citado por Loviso y Libkind 2019). No obstante, otros parámetros fermentativos como la temperatura de fermentación, la

aireación y el contenido de nitrógeno en el mosto también influyen en la concentración de estos compuestos (Lei *et al.* citado por Loviso y Libkind 2019).

Por otro lado, las levaduras producen los alcoholes superiores a través del catabolismo de aminoácidos usando la vía Ehrlich que requiere de tres actividades enzimáticas para convertir aminoácidos aromáticos, aminoácidos de cadena ramificada y metionina en alcoholes superiores (Ravasio *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

4.3.5. Acetato de I-Amilo

En el Cuadro 24 se reporta la concentración de acetato de i-amilo en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 24. Concentración de acetato de i-amilo (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Día 1	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Día 2	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Día 3	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00
Día 4	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Día 5	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02
Día 6	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.08 ± 0.02

Los valores representan la media, para n = 3.

Observamos que la concentración de este alcohol superior es casi insignificante, dado que la mayor concentración al sexto día del proceso fermentativo es 0.08 mg/100 g, y corresponde a la muestra de la zona de Manantay.

La Figura 21 muestra el comportamiento de la concentración de acetato de i-amilo durante los seis días del proceso fermentativo de la masa de yuca. Observamos que desde el inicio de la fermentación hasta el primer día se da un ligero incremento. De allí hasta el cuarto día del proceso casi no hay variación en la concentración de acetato de i-amilo; sin embargo, la mayor tasa de incremento se da desde el cuarto día hasta el sexto día de fermentación.

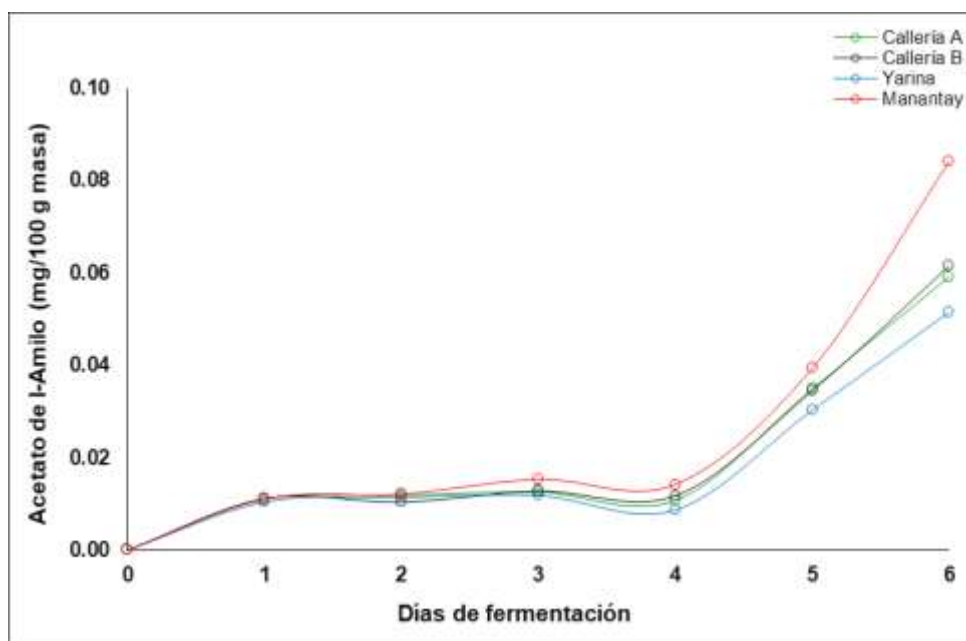


Figura 21. Variación de la concentración de acetato de i-amilo durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Dicho incremento podría deberse a que, la velocidad de síntesis de acetato isoamílico está más influenciada por la disponibilidad de alcohol isoamílico que por la propia actividad enzimática (Plata *et al.* 2003). Además, la producción de acetato, por parte de algunas especies de levaduras involucradas en la primera etapa de la fermentación espontánea, tanto para acetato de etilo como acetato isoamílico y la última para alcohol isoamílico, alcanza su máximo al principio de la fermentación espontánea (Plata *et al.* 2003).

También, las condiciones de cultivo afectan la producción de compuestos secundarios en *S. cerevisiae* (Rojas *et al.* citado por Casas Acevedo *et al.* 2015), la cual produce bajos niveles de ésteres de acetato en condiciones aeróbicas, mientras que otras levaduras no- *Saccharomyces*, producen altas cantidades de acetato de 2-feniletilo y acetatoisoamílico; las modificaciones de las condiciones de cultivo de *S. cerevisiae* ocasiona la adaptación de la levadura mediante el cambio en su genoma (Ibáñez *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

4.3.6. N-Butanol

En la masa de yuca sometida a fermentación no se detectó n-butanol. La baja concentración o ausencia de n-butanol depende de las especies de levaduras presentes en la fermentación (Díaz-Montaña *et al.* citado por Vera *et al.* 2009). Similar resultado se reporta para el Mezcal, en la que el n-butanol estuvo presente

en trazas (< 1 mg/L), en el caso de Tequila también determinaron muy bajas concentraciones de n-butanol: 0.75 a 3.25 mg/100 mL de alcohol anhidro (Lachenmeier *et al.*, citado por Vera *et al.* 2009).

4.3.7. Iso Amílico

En el Cuadro 25 se reporta la concentración de i-amílico en la masa de yuca durante el proceso de fermentación.

Cuadro 25. Concentración de i-amílico (mg/100 g) en la masa de yuca durante el proceso fermentativo, según procedencia.

Días de fermentación	Lugar de procedencia de la masa			
	Callería A	Callería B	Yarina	Manantay
Día 0	0.54 ± 0.05	0.55 ± 0.06	0.52 ± 0.07	0.58 ± 0.03
Día 1	2.22 ± 0.01	2.24 ± 0.03	2.17 ± 0.04	2.29 ± 0.01
Día 2	2.40 ± 0.04	2.48 ± 0.10	2.38 ± 0.10	2.52 ± 0.07
Día 3	2.61 ± 0.03	2.61 ± 0.01	2.58 ± 0.04	3.03 ± 0.06
Día 4	2.32 ± 0.07	2.42 ± 0.78	2.21 ± 0.16	2.61 ± 0.52
Día 5	2.28 ± 0.20	2.26 ± 0.20	2.19 ± 0.47	2.54 ± 0.59
Día 6	1.97 ± 0.08	2.04 ± 0.03	1.91 ± 0.13	2.42 ± 0.13

Los valores representan la media, para n = 3.

Al inicio de la fermentación, es baja la concentración del alcohol iso-amílico. Sin embargo, en el primer día ocurre el incremento en la concentración, luego del cual la variación es mínima; hacia el final del proceso (quinto y sexto día) ocurre el descenso de la concentración del alcohol iso-amílico.

En la Figura 22 se muestra el comportamiento de la concentración del alcohol iso-amílico durante el proceso fermentativo. Durante la fermentación, dependiendo de la calidad de la materia prima, del grado de contaminación bacteriana, y a causa de que la conversión en alcohol implica una serie de reacciones intermediarias, se producen en menor cantidad otros compuestos llamados congenéricos, que pueden llegar a constituir de 1 a 2 % del total de productos de fermentación; también se forman alcoholes superiores, en proporciones muy pequeñas y ejercen influencia en el aroma (Montejo 2010).

Los que más influyen en el flavor de las bebidas fermentadas alcohólicas son el propanol, el isobutanol, el feniletanol, el alcohol amílico y el alcohol isoamílico. Este último es el que se encuentra en mayor proporción y el que más afecta la

tomabilidad, dado que a concentraciones elevadas genera un intenso flavor a solvente (Olaniran *et al.* citado por Loviso y Libkind 2019).

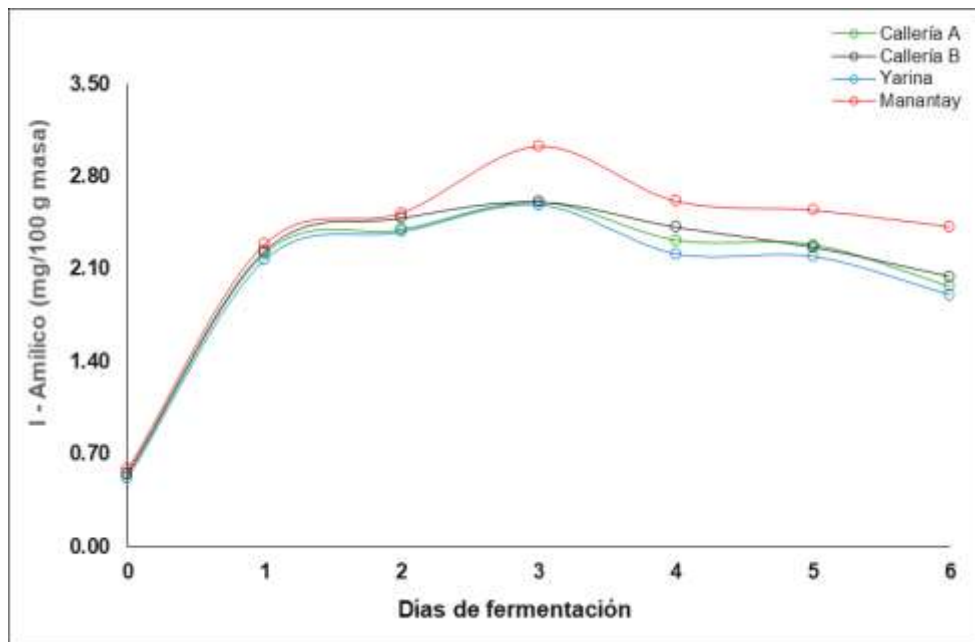


Figura 22. Variación de la concentración de acetato de i-amílico durante el proceso fermentativo de la masa de yuca.

Algunas de las características de mayor relevancia en cualquier tipo de fermentación son el aroma y sabor, que estarán estrictamente relacionados con la materia prima a fermentar, y las especies de levaduras que realizan la fermentación. Los aromas y sabores son el resultado de los diferentes metabolitos de desecho que produce cada cepa; dentro de estos metabolitos se encuentran compuestos azufrados, ésteres (acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de metilo), ácidos orgánicos (butírico, fórmico, propiónico), carbonilos (acetona, acetaldehído), alcoholes (butanol, sec-butanol, isobutanol), entre otros (Enríquez y Acevedo, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

Los factores que pueden afectar la producción de congenéricos son la temperatura, fermentaciones intermedias, tipo de carbohidratos y materia vegetal a fermentar (García *et al.* 2004, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

Los procesos de fermentación espontánea están mediados principalmente por levaduras no-Saccharomyces, y la especie de levadura que interviene en este proceso depende de la concentración etanólica del fermento y de la composición del sustrato. (Jolly *et al.* 2003, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

4.4. Calidad microbiológica de la bebida de yuca según NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01.

En el Cuadro 26 se reportan los resultados de la evaluación de la flora microbiana de la bebida “masato” según días de fermentación y lugar o zona de preparación.

Cuadro 26. Concentración de microorganismos en la bebida “masato”, según tiempo de fermentación y zona de procedencia.

Zona	Tiempo (h)	(UFC/mL)					
		Aerobios mesófilos viables	Coliformes totales	Coliformes fecales	E. coli	Staphylos	Levaduras
C al le rí a A	0	2.60E+07	1.30E+05	1.24E+03	1.27E+03	0.00E+00	1.60E+07
	1	1.84E+07	7.05E+06	6.05E+05	5.45E+05	0.00E+00	1.38E+07
	2	3.15E+07	7.90E+05	4.10E+03	4.25E+03	3.50E+01	3.00E+07
	3	3.65E+02	1.41E+05	1.54E+03	1.42E+03	5.50E+00	3.10E+02
	4	1.19E+05	3.61E+04	2.30E+03	2.05E+03	3.00E+00	1.05E+05
	5	5.05E+04	5.06E+04	5.05E+02	0.00E+00	0.00E+00	5.15E+01
	6	2.46E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.95E+01
C al le rí a B	0	2.33E+07	1.75E+05	1.44E+03	1.21E+03	0.00E+00	1.20E+07
	1	2.98E+07	8.46E+06	7.43E+05	5.20E+05	0.00E+00	1.28E+07
	2	3.39E+07	7.96E+05	4.14E+03	4.10E+03	2.25E+01	3.00E+07
	3	3.32E+02	8.71E+04	9.90E+02	1.42E+03	5.50E+00	3.00E+02
	4	3.14E+05	3.53E+04	3.10E+03	2.05E+03	1.00E+00	1.00E+05
	5	4.95E+04	4.98E+04	4.95E+02	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+01
	6	2.13E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.50E+01
Y a ri	0	1.75E+07	1.61E+05	8.90E+02	8.39E+02	0.00E+00	1.24E+07
	1	1.32E+07	5.34E+06	4.19E+05	3.75E+05	0.00E+00	1.03E+07
	2	2.20E+07	5.69E+05	3.05E+03	2.97E+03	5.50E+00	2.03E+07

n a	3	2.78E+02	6.62E+04	1.06E+03	9.93E+02	1.50E+00	2.55E+02
	4	8.96E+04	2.70E+04	1.65E+03	1.56E+03	5.00E-01	6.37E+04
	5	3.65E+04	3.56E+04	3.52E+02	0.00E+00	2.50E-01	3.37E+01
	6	1.79E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.79E+01
M a n a n t a y	0	2.23E+07	1.87E+05	1.19E+05	1.10E+05	0.00E+00	1.46E+07
	1	1.93E+07	4.18E+06	2.65E+06	2.47E+06	0.00E+00	1.13E+07
	2	3.33E+07	7.62E+05	4.84E+05	4.50E+05	2.00E+00	2.34E+07
	3	3.78E+05	1.04E+05	6.61E+04	6.14E+04	0.00E+00	2.42E+02
	4	1.10E+05	3.38E+04	2.15E+04	2.00E+04	0.00E+00	4.79E+03
	5	3.09E+04	4.76E+03	3.02E+03	2.81E+03	0.00E+00	3.84E+01
	6	2.33E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.76E+01

Los datos representan la media de las determinaciones.

Observando los valores de las concentraciones de la flora microbiana de la bebida “masato” según días de fermentación y lugar o zona de preparación, y comparando con lo establecido en la NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01, podemos afirmar que la bebida “masato” no cumple con los criterios microbiológicos de calidad.

Similar resultado, en cuanto al no cumplimiento de los criterios de calidad microbiológica reportaron para la bebida de yuca, aerobios mesófilos: 4.57 ± 0.25 a 4.64 ± 0.18 Log UFC/mL; coliformes totales: 4.60 ± 0.22 a 4.64 ± 0.10 Log UFC/mL; mohos y levaduras: 4.57 ± 0.24 a 4.74 ± 0.11 Log UFC/mL (López 2015), posiblemente por la forma de elaboración de la bebida y por la materia prima empleada (se utiliza la yuca cocinada y majada, pero se le añade azúcar con agua no purificada). (López 2015).

El criterio microbiológico para un alimento define la aceptabilidad de un producto o lote del alimento, o de un proceso para producirlo, basada en la ausencia o presencia, o cantidad de microorganismos, y/o cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote (FAO/OMS 2017). Luego, la masa de yuca sometida a proceso fermentativo durante seis días no cumple con los criterios de calidad desde el inicio del proceso fermentativo, y durante todo el proceso; por tanto, la bebida

preparada a partir de dicha masa también está contaminada y, por lo tanto, su consumo podría causar problemas de salud pública.

Los resultados de la evaluación microbiológica demuestran cuán importante es la capacitación y concientización a los productores y vendedores de masato sobre el cuidado de las buenas prácticas de manufactura, para que los procesos sean más uniformes y se minimice la contaminación, mejorando la práctica al momento de elaborar el producto, de tal forma que se obtenga un producto inocuo; por otro lado, asegurando la continuación de las expresiones culturales en las comunidades (Gómez-Rave *et al.* 2022).

4.5. Concentración y tipo de alcoholes superiores en la bebida “masato”

En el Cuadro 27 se muestra las concentraciones de los alcoholes superiores que presenta la bebida “masato”, según los días de fermentación.

Observamos que todas las concentraciones de los alcoholes superiores se incrementan conforme transcurre el proceso fermentativo, siendo mayor el incremento para el acetato de etilo; mientras que el acetaldehído es el que presenta una disminución en la concentración, conforme transcurre el proceso fermentativo.

Cuadro 27. Concentración y tipo de alcohol superior presente en la bebida “masato” según tiempo de fermentación y zona de procedencia.

Zona	Tiempo (h)	Tipo de alcohol superior y concentración (mg/100 g de bebida)					
		Acetaldehído	Acetato de etilo	n-propanol	i-butanol	Acetato de i-amilo	Alcohol i-amílico
C al le rí a A	0	0.871 ± 0.003	0.032 ± 0.004	0.022 ± 0.000	0.052 ± 0.001	0.000 ± 0.000	0.233 ± 0.002
	1	0.324 ± 0.001	0.236 ± 0.002	0.379 ± 0.006	0.250 ± 0.007	0.004 ± 0.000	0.805 ± 0.026
	2	0.269 ± 0.002	0.427 ± 0.005	0.497 ± 0.005	0.349 ± 0.001	0.004 ± 0.000	0.927 ± 0.015
	3	0.254 ± 0.012	6.021 ± 0.078	0.603 ± 0.007	0.442 ± 0.020	0.001 ± 0.000	1.078 ± 0.016
	4	0.164 ± 0.008	0.590 ± 0.000	0.391 ± 0.007	0.355 ± 0.001	0.004 ± 0.000	0.775 ± 0.007
	5	0.193 ± 0.003	28.316 ± 0.018	0.806 ± 0.020	0.362 ± 0.008	0.011 ± 0.000	0.759 ± 0.011
	6	0.326 ± 0.027	37.749 ± 0.153	0.840 ± 0.017	0.314 ± 0.007	0.020 ± 0.001	0.683 ± 0.007
C al le rí a B	0	0.944 ± 0.012	0.032 ± 0.004	0.020 ± 0.001	0.052 ± 0.001	0.000 ± 0.000	0.233 ± 0.002
	1	0.315 ± 0.004	0.229 ± 0.002	0.376 ± 0.005	0.237 ± 0.002	0.004 ± 0.000	0.790 ± 0.010
	2	0.265 ± 0.003	0.432 ± 0.003	0.491 ± 0.005	0.348 ± 0.001	0.004 ± 0.000	0.901 ± 0.040
	3	0.266 ± 0.008	5.996 ± 0.046	0.602 ± 0.007	0.434 ± 0.011	0.001 ± 0.000	1.076 ± 0.020
	4	0.165 ± 0.008	0.228 ± 0.008	0.370 ± 0.018	0.284 ± 0.015	0.004 ± 0.000	0.778 ± 0.009
	5	0.189 ± 0.001	27.920 ± 0.415	0.763 ± 0.056	0.332 ± 0.022	0.012 ± 0.001	0.743 ± 0.005
	6	0.324 ± 0.027	37.418 ± 0.042	0.831 ± 0.019	0.304 ± 0.016	0.020 ± 0.000	0.679 ± 0.008
Y a ri n a	0	0.795 ± 0.001	0.022 ± 0.001	0.011 ± 0.000	0.046 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.213 ± 0.004
	1	0.306 ± 0.003	0.231 ± 0.003	0.371 ± 0.001	0.238 ± 0.005	0.004 ± 0.000	0.757 ± 0.002
	2	0.258 ± 0.011	0.424 ± 0.009	0.485 ± 0.007	0.328 ± 0.004	0.003 ± 0.000	0.921 ± 0.010
	3	0.221 ± 0.003	5.857 ± 0.075	0.586 ± 0.001	0.426 ± 0.004	0.000 ± 0.000	1.074 ± 0.020
	4	0.152 ± 0.004	0.580 ± 0.001	0.388 ± 0.004	0.347 ± 0.005	0.003 ± 0.000	0.735 ± 0.001
	5	0.180 ± 0.001	27.812 ± 0.039	0.809 ± 0.009	0.346 ± 0.008	0.011 ± 0.000	0.727 ± 0.003

	6	0.316 ± 0.035	37.222 ± 0.190	0.815 ± 0.004	0.296 ± 0.023	0.019 ± 0.000	0.678 ± 0.008
M a n a n t a y	0	1.128 ± 0.056	0.029 ± 0.000	0.023 ± 0.000	0.052 ± 0.002	0.000 ± 0.000	0.238 ± 0.008
	1	0.318 ± 0.002	0.242 ± 0.009	0.379 ± 0.002	0.245 ± 0.006	0.004 ± 0.000	0.823 ± 0.007
	2	0.301 ± 0.007	0.425 ± 0.007	0.498 ± 0.011	0.363 ± 0.007	0.004 ± 0.000	0.919 ± 0.006
	3	0.289 ± 0.016	6.029 ± 0.141	0.602 ± 0.023	0.508 ± 0.000	0.001 ± 0.000	1.138 ± 0.019
	4	0.163 ± 0.002	0.235 ± 0.005	0.384 ± 0.016	0.298 ± 0.008	0.004 ± 0.000	0.932 ± 0.016
	5	0.195 ± 0.004	28.757 ± 0.808	0.790 ± 0.020	0.387 ± 0.009	0.013 ± 0.000	0.759 ± 0.011
	6	0.415 ± 0.007	37.551 ± 0.160	0.855 ± 0.004	0.306 ± 0.008	0.020 ± 0.001	0.687 ± 0.008

Los valores representan la media, para $n = 3$.

Teniendo en cuenta las concentraciones del tercer y cuarto día de elaboración de “masato” con masa de yuca fermentada.

En el tercer día de fermentación de la masa de yuca, la bebida “masato” elaborada presenta las concentraciones de: Acetaldehído (2.21 ppm), acetato de etilo (58.57 ppm), n-propanol (5.86 ppm), i-butanol (4.26 ppm), acetato de i-amilo (0.00 ppm) y alcohol i-amílico (10.74 ppm). Comparando con las concentraciones de los alcoholes superiores, establecido para el aguardiente de melaza (MINSA 2001), podemos afirmar que la bebida “masato” cumple con dicha norma; es decir, la concentración de estos compuestos involucra características especiales en el aroma, el gusto, y su consumo no podría causar problemas en la salud de aquel que lo consume.

En el cuarto día de fermentación de la masa de yuca, la bebida “masato” elaborada presenta las concentraciones de: Acetaldehído (1.63 ppm), acetato de etilo (2.35 ppm), n-propanol (3.84 ppm), i-butanol (2.98 ppm), acetato de i-amilo (0.04 ppm) y alcohol i-amílico (9.32 ppm). Al comparar con las concentraciones de los alcoholes superiores, establecido para el aguardiente de melaza (MINSA 2001); luego, podemos afirmar que la bebida “masato” cumple con dicha norma, porque su consumo no podría causar problemas en la salud de aquel que lo ingiere, más bien, la concentración de estos compuestos involucra características especiales en el aroma, el gusto.

A partir del quinto día del proceso de fermentación de la masa de yuca, la bebida “masato” elaborada presenta valores que superan las concentraciones de los alcoholes superiores,

establecido para el aguardiente de melaza (MINSA 2001); este es el caso del Acetato de etilo, que para el quinto día la concentración es de 278.12 ppm y para el sexto día es de 377.49 ppm, dichos valores superan el valor de 100 ppm. Luego, podemos afirmar que el consumo de la bebida “masato” podría causar problemas en la salud.

En la elaboración de un alcohol destilado a partir de cáscara de banano fermentado (60% de cáscara de banano, 39.98% de agua y 0.02% de levadura Ft 858), las concentraciones fueron, para el acetaldehído: 16.92304, Isopropanol: 6.95062×10^{-2} , N-propanol: 22.26849, Isobutanol: 75.23463, Isoamílico: 174.86734 y amílico: 4.12312×10^{-2} mg/100 mL de alcohol; luego, el alcohol destilado no es apto para el consumo humano, sino para elaborar productos industriales, por su elevada cantidad de congéneres (Guacho 2021). Por otro lado, la Norma Técnica Colombiana NTC 4118 establece la presencia de 19 congéneres en bebidas alcohólicas; se incluyen ácidos, aldehídos, ésteres y alcoholes superiores, la concentración de estos compuestos debe ser < 80 mg/L, para que el producto pueda ser distribuido comercialmente (NTC 4118, citado por Hernández *et al.* 2015).

Los alcoholes superiores están presentes en mayor concentración en los destilados, de ellos depende el aroma y sabor especial; sin embargo, los niveles de estos compuestos dependen de diferentes factores de procesamiento, tales como variedad de la materia prima, las condiciones de fermentación y las técnicas de destilación (Anli, citado por Toledo 2012). El n-propanol origina un olor dulzón agradable; en altas concentraciones aporta sensaciones gustativas de alcoholicidad, su producción podría deberse por la acción de los contaminantes bacterianos (MAIA, citado por Toledo 2012). También la literatura menciona que la síntesis y proporción del n-propanol depende de muchos factores tales como cantidad y calidad de compuestos nitrogenados en el medio, temperatura y características de las cepas de levaduras (Kocková, citados por Ferreyra 2006). La formación de alcoholes superiores está ligada a los aminoácidos y fuertemente influenciada por el tenor de compuestos nitrogenados de los mostos. La principal vía de formación a partir de los aminoácidos es por la reacción de Erlich (descarboxilación con formación de α -cetoácidos obtenidos por transaminación). Así de la lisina se produciría el alcohol amílico, de la valina el isobutanol y así con los otros aminoácidos (Bidan, citado por Toledo 2012).

Por otro lado, las características importantes de cualquier tipo de fermentación son el aroma y sabor, los que están relacionados con la materia prima a fermentar y la especie de levadura que realiza la fermentación; los aromas y sabores son el resultado de los diferentes metabolitos de desecho que produce cada cepa; dentro de estos metabolitos

se encuentran compuestos azufrados, ésteres (acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de metilo), ácidos orgánicos (butírico, fórmico, propiónico), carbonilos (acetona, acetaldehído), alcoholes (butanol, sec-butanol, isobutanol), entre otros (Enríquez y Acevedo, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015). Además, los compuestos químicos relacionados con el sabor y aroma de la bebida se denominan congenéricos y se encuentran bajas concentraciones, comparados con el etanol producido; sin embargo, existen bebidas alcohólicas que son apreciadas por la presencia de algunos congenéricos en particular (Choi *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

Al inicio del proceso fermentativo están presentes levaduras no *Saccharomyces* que tienen baja resistencia al etanol; éstas crecen en cuando el producto presenta alta concentración de glucosa, produciendo altas concentraciones de glicerol, pero pequeñas concentraciones de acetato de amilo y etanol, debido a un déficit de la enzima acetil-CoA sintetasa (Vicent Vela *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015). Por otro lado, en condiciones de estrés (poca concentración de oxígeno) se lleva a cabo la fermentación alcohólica, generando etanol y otros congéneres de relevancia sensorial, como: glicerol, ácido acético, ésteres, acetonas, 1-propanol e isopropanol; los factores que afectan el desarrollo de las levaduras no *Saccharomyces* son: el pH, temperatura y la concentración de etanol (Waldir *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

Las levaduras apiculatas producen subproductos negativos como el acetato de etilo; luego, es necesario seleccionar levaduras no-*Saccharomyces* para mejorar el bouquet de las bebidas alcohólicas (Ciani y Maccarelli, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015). Hay parámetros a considerar para seleccionar una cepa de levadura, esta debe tener alto potencial para fermentar carbohidratos, producir congenéricos (Santillana y García, citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015), debe ser capaz de tolerar altas temperaturas, cambios osmóticos y flocular (García *et al.* citado por Casas-Acevedo *et al.* 2015).

En algunos estudios, se menciona que la masa de yuca establece una microbiota mixta ambiental derivada del material vegetal, así como de las condiciones de preparación, constituida principalmente por bacterias lácticas cuya actividad metabólica y rol ecológico no han sido dilucidados completamente (Sedano 2006). El estudio de la biodiversidad láctica responsable del proceso fermentativo del “masato” es importante porque los lactobacilos producen sustancias inhibitorias contra microorganismos indeseables, lo que permite una mayor preservación natural del producto (Sedano 2006).

Las comunidades de bacterias lácticas y levaduras metabolizan los principales azúcares y trazas minerales de la yuca estableciendo una sucesión microbiana y liberando al medio

ciertos metabolitos con diferente actividad que afectan las características sensoriales y la calidad sanitaria de la bebida; entre dichos productos se encuentran principalmente etanol, CO₂ y los ácidos láctico y acético, además de sustancias de naturaleza inhibitoria como el peróxido de hidrógeno, diacetilo, bacteriocinas y ácidos orgánicos, que pueden ser aprovechados en la preservación de la bebida (Yang, citado por Sedano 2006).

V. CONCLUSIONES

- Durante el proceso fermentativo de la masa de yuca es importante conocer las características fisicoquímicas y como varían estas en el tiempo; el pH disminuye durante el proceso debido al crecimiento de *Lactiplantibacillus plantarum*; y otros microorganismos benéficos que acidifican el medio, disminuyendo el pH, disminuyendo así la contaminación bacteriana del producto fermentado. En el caso de los °Brix, su concentración disminuye durante el proceso fermentativo, porque los azúcares constituyen el sustrato para la levadura; además los carbohidratos disminuyen su concentración durante la fermentación por la presencia de bacterias ácido lácticas (*Lactiplantibacillus plantarum* y otras).
- La masa de yuca sometida a fermentación presenta concentraciones elevadas de microorganismos que van disminuyendo conforme transcurre el tiempo de fermentación debido al incremento de la concentración de alcohol y de la acidez de la masa; la presencia de dichos microorganismos en la masa de yuca contribuye a la cualificación como producto no aceptable, según la norma de calidad. La presencia de Coliformes totales, es un indicador de una pésima higiene de los alimentos; por otro lado, la presencia de microorganismos afecta el perfil de alcoholes superiores y sus concentraciones.
- Los alcoholes superiores, presentes en la masa de yuca en bajas concentraciones contribuye en el sabor y el aroma del producto. Durante el proceso de fermentación la concentración de alcoholes superiores se incrementa, alcanzando valores por encima de la norma, siendo calificados como productos no saludables, porque podrían causar afecciones a la salud de las personas que lo consumen; sin embargo, dichos alcoholes son volátiles.
- La presencia de microorganismos en una bebida son indicadores de una mala práctica de proceso y elaboración. La bebida “masato” de yuca presenta concentraciones superiores a lo establecido en la NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01, luego es una bebida no cumple con la Norma de calidad. La bebida de las cuatro zonas presenta la misma calidad microbiológica; sin embargo, la concentración de microorganismos disminuye a partir del tercer día.
- La bebida “masato” de yuca elaborada con la masa de yuca fermentada hasta el cuarto día presenta concentraciones de alcoholes superiores que cumplen con la norma establecida, luego, su no causa problemas en la salud. Sin embargo, la bebida preparada con la masa de yuca del quinto y sexto día no es bueno para consumir, por presentar elevada concentración de Acetato de etilo.

VI. RECOMENDACIONES

- Tener cuidado al consumir la bebida “masato” de yuca, porque podría no cumplir los criterios de calidad microbiológica. Por otro lado, se debe consumir la bebida proveniente de la masa de yuca del tercero o cuarto día de fermentación.
- Realizar estudios con tiempos de evaluación microbiológica y de alcoholes superiores más cortos, con el objetivo de entender mejor el comportamiento.
- Realizar estudios de identificación de la microbiota de la masa de yuca durante el proceso fermentativo, eso explicaría la importancia del consumo de masato.
- Proponer investigaciones para otras bebidas fermentadas que se expenden en nuestra región, permitiendo su valorización.
- Realizar estudios de proceso de elaboración de bebida de masato bajo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Realizar investigación de modificación genética de levaduras para optimizar el proceso fermentativo alcohólico en la elaboración de la bebida masato.

VII. BIBLIOGRAFIA

- AEFA (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes). 2023. Clasificación del pH. Consultado ago. 28 del 2023. Disponible en <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/clasificacion-del-ph>
- BCRP (Banco Central de Reserva del Perú). 2021. Información Regional. Informe de coyuntura y estadísticas. Consultado julio 30 de 2023. Disponible en <https://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/informacion-regional/iqitos/ucayali.html>
- Bedoya, QML; Galván, RDE. 2012. Determinación toxicológica de metanol, furfural y alcoholes superiores en bebidas alcohólicas destiladas. Tesis para optar el título de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consultado jun. 12 de 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15648>
- Borroto-Mato, D; Lorenzo-Izquierdo, M; García-Gutiérrez, R; Reyes-Linares, A. 2017. Aspectos generales sobre la determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(3): 58 – 65.
- Bussalleu, A; Di-Liberto, A; Carcamo, C; Carrasco-Escobar, G; Zavaleta-Cortijo, C; King, M; Berrang-Ford, L; Maurtua, D; Llanos-Cuentas, A. 2020. Cultural Values and the Coliform Bacterial Load of “Masato,” an Amazon Indigenous Beverage. *EcoHealth*, 17(3): 370–380.
- Calvache, GKE; Toro, AKY. 2020. Evaluación de la presencia de congéneres en el aguardiente de caña de azúcar producido en la provincia del Azuay. Tesis para optar el título de Bioquímica Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca. Consultado junio 03 de 2023. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34506>
- Campuzano, FS; Mejía, FD; Madero, IC; Pabón, SP. 2015. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. *NOVA*, 13(23): 81 - 92.
- Casas-Acevedo, A; Aguilar-González, CN; De la Garza-Toledo, H; Morlett-Chávez, JA; Montet, D; Rodríguez-Herrera, R. 2015. Importancia de las levaduras no- *Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Investigación y Ciencia*, 23(65); 73 – 79.
- Chisté, RC; Cohen, KO. 2011. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. *ACTA AMAZONICA*, 41(2): 279 – 284.

- Corrales, LC; Antolinez, RDM; Bohórquez, MJA; Corredor, VAM. 2015. Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *Nova*, 13(24): 55 - 81.
- Costa de Sena, H; Pires, HA; Amorin da Silva, BW; Santos, ML; Santos, C; Castravechi, JM 2017. Fermentado de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): características físico-químicas e sensoriais dos processos de desenvolvimento de bebida alcoólica tipicamente brasileira. Livro JCEscolaCTS-2017-digital.indb. p. 338 – 351. Consultado set. 15 de 2023. Disponible en <https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Mobilizar2ed/pdf/Mobilizar2ed-27.pdf>
- Daggett, C. 1983. Las funciones del masato en la cultura Chayahuita. Instituto Lingüístico de Verano. *Anthropologica*, 1(1): 301 - 310.
- DANE (Dirección Nacional de Estadística). 2016. El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Dirección Nacional de Estadística, Colombia. Abril 2016, número 46. Consultado ago. 25 de 2023. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf
- Estrada, OAC. 2023. Elaboración de una bebida a base de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) con fermentación sólida y sumergida. Tesis presentada para optar el título de Ingeniera de Alimentos. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Consultado set. 25 de 2023. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37902>
- FAO/OMS (Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization). 2016. Statistical Aspects of Microbiological Criteria Related to Foods A RISK Managers Guide. Consultado novi. 12 de 2023. Disponible en <https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/criterios-microbiologicos-fao-oms.pdf>
- Ferreira, MM. 2006. Estudio del proceso biotecnológico para la elaboración de una bebida alcohólica a partir de jugos de naranjas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Consultado nov. 30 de 2023. Disponible <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1933/tesisUPV2468.pdf>
- Gallegos, JRO; Gallegos, HPE. 2019. Evolución del contenido de etanol, metanol, aldehídos, alcoholes superiores y furural durante la destilación del Pisco Italia, y su relación con los puntos de corte. *ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica*, 2(1): 13 – 24.
- García, OE; Infante, RB; Rivera, CJ. 2008. Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1): 25 - 30.

- Gómez-Rave, NA; Gil-Urbe, MA; Luján-Roldán, BD; López-Cadena, YS; Marín-Pareja, N; Valencia-García, FE. 2022. Peligros microbiológicos relacionados con alimentos fermentados de elaboración artesanal comercializados en Tunja, Nariño y Cauca. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 24(2): 4 - 15.
- Guillermo, SE; López, SW. 2016. Influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración del pan. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Consultado julio 20 de 2023. Disponible en http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/2041/TAG_Guillermo_Santillan_Esther.pdf
- Guittin, C; Maçna, F; Picou, C; Perez, M; Barreau, A; Poitou, X; Sablayrolles, J.-M; Mouret, J.-R; Farines, V. 2023. New Online Monitoring Approaches to Describe and Understand the Kinetics of Acetaldehyde Concentration during Wine Alcoholic Fermentation: Access to Production Balances. *Fermentation*, 9(3): 299. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030299>
- Laboratorio de Calidad. 2015. Procedimientos para el análisis de alcoholes superiores en bebidas fermentadas. Procedimiento de análisis de cromatografía de gases en la empresa Cervecería san Juan. Pucallpa. Perú. 54 p.
- Laedu.digital. 2023. Fermentación alcohólica. [En línea]. Consultado set. 23 del 2023. Disponible en <https://edukativos.com/apuntes/archives/7539>
- Lajano, RJ. 2018. “Chicha e yuca” bebida gastronómica y cultural de los pueblos amazónicos. La Prensa RJL (Revolución-Justicia y Libertad). Consultado jul. 30 de 2023. Disponible en <https://laprensaderjl.blogspot.com/2018/01/chichadeyuca-bebida-gastronomica-y.html>
- López, GEM. 2015. Caracterización físico-química y microbiológica de las bebidas fermentadas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Trabajo presentado para optar el título de Ingeniera de Alimentos. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial. Consultado oct. 25 de 2023. Disponible en <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5402>
- Loviso, CL; Libkind, D. 2018. Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(4): 436–446. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.11.006>
- Loviso, CL; Libkind, D. 2019. Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(4), 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.08.006>
- Lucero, MPD. 2015. Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel. Tesis para optar

el título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8c5bc078-f8fc-4424-a18d-eb891c624c35/content>

Mariñas, PER. 2014. Elaboración de bizcochos con adición de yuca (*Manihot sculenta*) cocida fermentada (Masato)", Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consultado oct. 20 de 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14292/311>

Martín, BM; Núñez, PC; Zárate, GR. 2019. Conocimientos tradicionales vinculados a la “yuca” *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae) en tres comunidades Ticuna del Perú. *Arnaldoa*, 26(1): 339 – 358.

Mayorga, GAC; Palma, GBA; Sandoval-Cañas, GJ; Ordoñez-Araque, RH. 2021. Ancestral fermented indigenous beverages from South America made from cassava (*Manihot esculenta*). *Food Science and Technology*, 41(suppl 1): 360 – 367.

Microlab Industrial. 2019. Cómo conocer la calidad de bebidas alcohólicas o saber si se encuentran adulteradas [En línea]. Consultado ago. 20 de 2023. Disponible <https://www.microlabindustrial.com/blog/como-conocer-la-calidad-de-bebidas-alcoh%C3%B3licas-o-saber-si-se-se-encuentran-adulteradas>

MINSA (Ministerio de Salud). 2001. Propuesta: Vigilancia y control de bebidas alcohólicas artesanales. Oficina General de Epidemiología. 82 p. Consultado diciembre 05 de 2023. Disponible en https://www.dge.gob.pe/publicaciones/pub_herramientas/tools03.pdf

Mira, OR. 2015. El manejo del acetaldehído durante la vinificación. Consultado nov. 15 del 2023. Disponible en <https://www.lallemandwine.com/wp-content/uploads/2015/12/WE5-Acetaldehyde-Argentine.pdf>

MINSA (Ministerio de Salud). 2017. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Instituto Nacional de Salud. 142 p.

MINSA (Ministerio de Salud). 2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01.

Montejo, PSP. 2010. Efecto de las variables de fermentación en la formación de compuestos congénicos en el proceso de producción de ron pesado de miel virgen y melaza a nivel de laboratorio. Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado set. 22 de 2023. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1515_Q.pdf

- Natura Analítica. 2018. Procedimientos para el análisis fisicoquímico y microbiológico de alimentos y otros productos. Laboratorio Natura Analítica. Pucallpa. Perú. 124 p.
- Pardo, E; Alvarruiz, A; Varon, R; Gómez, R. 2000. Quality evaluation of the pulp. Correlation among physical-chemical and sensory parameters. *Journal of food quality*, (23):161-170
- Paucar, BCA. 2016. Caracterización de una bebida y biomasa para alimentación animal mediante fermentación sumergida con microorganismos tibetanos. Trabajo para optar el título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental. Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Consultado set. 22 del 2023. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6295>
- Paz, RGJ. 2014. Secreción de la leche, métodos de extracción, congelación. Examen de suficiencia profesional. Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional de San Agustín. Consultado set. 28 de 2023. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4195>
- Pinedo, TP. 2014. Determinación de la difusividad térmica del masato de yuca variedad amarilla (*Manihot dulcis*) y blanca (*Manihot esculenta*) en función a la forma de procesamiento (shipibo y mestizo), departamento de Ucayali. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.
- Plata, C; Millán, C; Mauricio, JC; Ortega, JM. 2003. Formation of ethyl acetate and isoamyl acetate by various species of wine yeasts. *Food Microbiology*, 20(2): 217–224. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00101-6](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00101-6)
- Quispe, MJC; Azañero, SKM. 2019. Determinación de metanol en bebidas alcohólicas expendidas en los centros de diversión nocturna del centro de Huancayo – Periodo 2018. Tesis para optar el título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana Los Andes. Consultado jun. 04 de 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1677>
- Ríos, PC; Maldonado, ML; Caballero, PL. 2016. Bebida fermentada a base de arroz con adición de probióticos. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, 14(1): 58 – 73.
- Rodríguez, CRJ. 2015. Perfil de compuestos volátiles en bacanoras artesanales y comerciales. Tesis presentada como requisito para optar el grado de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo - CIAD. Sonora. Consultado Jul 20 de 2023. Disponible en <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/71>

- Sánchez, PLA. 2005. Determinación de metanol en bebidas alcohólicas fermentadas tradicionales y populares de mayor consumo en dos regiones de la república de Guatemala por cromatografía de gases. Tesis para optar el título de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado jun. 08 de 2023. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2379.pdf
- Sánchez, PC. 2013. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca en el pan suave. Tesis para optar el Título en Licenciatura en Ciencias Alimentarias. Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana. Consultado julio 15 de 2023. Disponible en <https://docplayer.es/63372021-Sustitucion-parcial-de-harina-de-trigo-por-harina-de-yuca-en-el-pan-suave.html>
- Sánchez, CA. 2019. Determinación del tiempo óptimo de fermentación para la obtención de almidón agrio a partir de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) variedad señorita en la región Ucayali. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Ucayali. Consultado jul. 25 de 2023. Disponible en <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4204>
- Sedano, BL. 2006. Selección de cepas nativas de *Lactobacillus* con actividad inhibitoria y tolerantes al etanol aisladas de “masato”. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consultado set. 28 de 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1424>
- Terra Food Tech. 2021. La importancia del pH de los alimentos. Consultado julio 25 de 2023. Disponible en <https://www.terrafoodtech.com/la-importancia-del-ph-de-los-alimentos/>
- Toledo, HVH. 2012. Evolución de los compuestos volátiles del pisco puro Quebranta (*Vitis vinífera* L. var. Quebranta) obtenido por la destilación en falca y alambique a diferentes condiciones de aireación durante la etapa de reposo. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina. Consultado nov. 28 de 2023. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1750/Q02.T66-T.pdf>
- Torres, VLA. 2010. Caracterización morfológica de 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE. Consultado julio 25 de 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/11554/4588>
- Vásquez, RIE. 2013. Determinación de acetato de etilo en bebidas alcohólicas destiladas con añejamiento (ron) por el método de cromatografía de gases Tesis de para optar por el

Título Profesional de: Química de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador. Consultado nov. 20 del 2023. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4381>

Vera, GAM; Santiago, GPA; López, MG. 2009. Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. Revista fitotecnica mexicana, 32(4), 273-279.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Características fisicoquímicas de la yuca durante el proceso fermentativo

Cuadro 1. Valores del pH de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	pH - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	4.60	4.63	4.62	4.62	0.02	0.33
1	A1,2	4.35	4.31	4.29	4.32	0.03	0.71
2	A2,2	4.25	4.26	4.25	4.25	0.01	0.14
3	A3,2	4.15	4.12	4.12	4.13	0.02	0.42
4	A4,2	4.04	4.03	4.03	4.03	0.01	0.14
5	A5,2	3.98	3.98	4.00	3.99	0.01	0.29

Días de Fermentación	Código de Envío	pH - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	4.54	4.53	4.58	4.55	0.03	0.58
1	B1,2	4.34	4.35	4.30	4.33	0.03	0.61
2	B2,2	4.27	4.28	4.25	4.27	0.02	0.36
3	B3,2	4.15	4.14	4.12	4.14	0.02	0.37
4	B4,2	4.04	4.06	4.08	4.06	0.02	0.49
5	B5,2	3.98	3.98	4.05	4.00	0.04	1.01

Días de Fermentación	Código de Envío	pH - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	4.50	4.60	4.60	4.57	0.06	1.26
1	C1,2	4.33	4.31	4.29	4.31	0.02	0.46
2	C2,2	4.25	4.26	4.25	4.25	0.01	0.14
3	C3,2	4.15	4.12	4.12	4.13	0.02	0.42
4	C4,2	4.04	4.03	4.03	4.03	0.01	0.14
5	C5,2	3.98	3.98	4.00	3.99	0.01	0.29

Días de Fermentación	Código de Envío	pH - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	4.70	4.63	4.65	4.66	0.04	0.77
1	D1,2	4.36	4.32	4.29	4.32	0.04	0.81
2	D2,2	4.25	4.25	4.25	4.25	0.00	0.00
3	D3,2	4.12	4.12	4.12	4.12	0.00	0.00
4	D4,2	4.04	4.03	4.05	4.04	0.01	0.25
5	D5,2	3.90	3.98	4.00	3.96	0.05	1.34

Cuadro 2. Valores de la acidez (% de ácido acético) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Acidez titulable - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	0.29	0.30	0.29	0.30	0.01	2.37
1	A1,2	0.34	0.35	0.37	0.35	0.01	3.45
2	A2,2	0.35	0.38	0.38	0.37	0.01	3.81
3	A3,2	0.49	0.49	0.47	0.48	0.01	1.46
4	A4,2	0.50	0.51	0.51	0.51	0.01	1.39
5	A5,2	0.61	0.61	0.60	0.60	0.01	1.16

Días de Fermentación	Código de Envío	Acidez titulable - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	0.29	0.30	0.29	0.29	0.01	1.75
1	B1,2	0.34	0.36	0.37	0.35	0.01	3.71
2	B2,2	0.35	0.38	0.38	0.37	0.01	3.68
3	B3,2	0.49	0.49	0.47	0.48	0.01	1.57
4	B4,2	0.50	0.52	0.52	0.51	0.01	1.98
5	B5,2	0.61	0.61	0.60	0.61	0.00	0.70

Días de Fermentación	Código de Envío	Acidez titulable - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	0.28	0.30	0.29	0.29	0.01	3.49
1	C1,2	0.34	0.35	0.37	0.35	0.01	3.79
2	C2,2	0.35	0.38	0.38	0.37	0.01	3.54
3	C3,2	0.49	0.49	0.47	0.48	0.01	1.59
4	C4,2	0.49	0.51	0.51	0.50	0.01	2.72
5	C5,2	0.61	0.61	0.59	0.60	0.01	1.79

Días de Fermentación	Código de Envío	Acidez titulable - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	0.30	0.30	0.29	0.30	0.00	1.50
1	D1,2	0.34	0.36	0.37	0.36	0.01	3.36
2	D2,2	0.35	0.38	0.38	0.37	0.01	3.61
3	D3,2	0.48	0.49	0.47	0.48	0.01	1.52
4	D4,2	0.50	0.52	0.52	0.51	0.01	2.22
5	D5,2	0.60	0.61	0.60	0.60	0.01	1.02

Cuadro 3. Valores de los °Brix de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	°Brix - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	22.2	22.2	22.1	22.17	0.06	0.26
1	A1,2	21.7	21.6	21.5	21.6	0.10	0.46
2	A2,2	21.5	21.3	21.4	21.4	0.10	0.47
3	A3,2	20.9	20.8	20.7	20.8	0.10	0.48
4	A4,2	20.7	20.7	20.7	20.7	0.00	0.00
5	A5,2	20.4	20.5	20.6	20.5	0.10	0.49

Días de Fermentación	Código de Envío	°Brix - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	22.2	22.1	22.2	22.17	0.06	0.26
1	B1,2	21.7	21.8	21.5	21.67	0.15	0.71
2	B2,2	21.5	21.5	21.4	21.47	0.06	0.27
3	B3,2	20.9	20.9	20.8	20.87	0.06	0.28
4	B4,2	20.7	20.5	20.7	20.63	0.12	0.56
5	B5,2	20.4	20.5	20.5	20.47	0.06	0.28

Días de Fermentación	Código de Envío	°Brix - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	22.50	22.10	22.10	22.23	0.23	1.04
1	C1,2	21.80	21.60	21.70	21.70	0.10	0.46
2	C2,2	21.50	21.30	21.40	21.40	0.10	0.47
3	C3,2	20.80	20.80	20.70	20.77	0.06	0.28
4	C4,2	20.70	20.70	20.70	20.70	0.00	0.00
5	C5,2	20.40	20.50	20.60	20.50	0.10	0.49

Días de Fermentación	Código de Envío	°Brix - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	22.5	22.2	22.1	22.27	0.21	0.93
1	D1,2	21.7	21.6	21.5	21.60	0.10	0.46
2	D2,2	21.5	21.3	21.4	21.40	0.10	0.47
3	D3,2	20.9	20.8	20.7	20.80	0.10	0.48
4	D4,2	20.7	20.7	20.7	20.70	0.00	0.00
5	D5,2	20.4	20.5	20.6	20.50	0.10	0.49

Cuadro 4. Valores de la humedad (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Humedad - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	60.83	60.80	60.79	60.81	0.02	0.03
1	A1,2	68.89	68.70	68.80	68.80	0.09	0.14
2	A2,2	73.04	73.00	73.01	73.02	0.02	0.03
3	A3,2	75.48	75.50	74.90	75.29	0.34	0.45
4	A4,2	75.62	75.30	75.64	75.52	0.19	0.25
5	A5,2	76.66	75.80	76.80	76.42	0.54	0.71

Días de Fermentación	Código de Envío	Humedad - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	60.93	60.89	60.83	60.88	0.05	0.08
1	B1,2	67.89	67.89	68.89	68.22	0.58	0.85
2	B2,2	73.54	73.51	73.04	73.36	0.28	0.38
3	B3,2	75.58	75.58	75.48	75.54	0.06	0.08
4	B4,2	75.69	75.69	76.62	76.00	0.54	0.71
5	B5,2	76.66	76.70	76.66	76.67	0.02	0.03

Días de Fermentación	Código de Envío	Humedad - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	60.69	60.72	60.83	60.75	0.07	0.12
1	C1,2	68.75	68.78	68.89	68.81	0.07	0.11
2	C2,2	72.90	72.93	73.04	72.96	0.07	0.10
3	C3,2	75.34	75.37	75.48	75.39	0.07	0.10
4	C4,2	75.48	75.51	75.62	75.54	0.07	0.10
5	C5,2	76.52	76.55	76.66	76.58	0.07	0.10

Días de Fermentación	Código de Envío	Humedad - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	60.80	60.83	60.81	60.81	0.02	0.03
1	D1,2	68.89	68.89	69.00	68.93	0.06	0.09
2	D2,2	73.04	73.00	73.04	73.03	0.02	0.03
3	D3,2	75.48	76.00	75.50	75.66	0.30	0.39
4	D4,2	76.10	75.62	75.80	75.84	0.24	0.32
5	D5,2	76.66	77.00	76.80	76.82	0.17	0.22

Cuadro 5. Valores del contenido de cenizas (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Cenizas - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	0.56	0.56	0.56	0.56	0.00	0.04
1	A1,2	0.59	0.59	0.59	0.59	0.00	0.18
2	A2,2	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00	0.08
3	A3,2	0.58	0.57	0.58	0.58	0.00	0.27
4	A4,2	0.51	0.51	0.51	0.51	0.00	0.04
5	A5,2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00	0.10

Días de Fermentación	Código de Envío	Cenizas - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	0.58	0.57	0.56	0.57	0.01	1.78
1	B1,2	0.58	0.58	0.59	0.58	0.00	0.55
2	B2,2	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00	0.12
3	B3,2	0.56	0.57	0.56	0.57	0.01	1.38
4	B4,2	0.51	0.51	0.52	0.52	0.00	0.70
5	B5,2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00	0.10

Días de Fermentación	Código de Envío	Cenizas - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	0.56	0.56	0.56	0.56	0.00	0.05
1	C1,2	0.59	0.59	0.59	0.59	0.00	0.16
2	C2,2	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00	0.07
3	C3,2	0.58	0.57	0.57	0.57	0.00	0.29
4	C4,2	0.52	0.52	0.51	0.51	0.00	0.02
5	C5,2	0.48	0.49	0.51	0.49	0.02	3.19

Días de Fermentación	Código de Envío	Cenizas - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	0.56	0.56	0.56	0.56	0.00	0.06
1	D1,2	0.58	0.58	0.58	0.58	0.00	0.30
2	D2,2	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00	0.08
3	D3,2	0.58	0.57	0.57	0.57	0.00	0.46
4	D4,2	0.51	0.51	0.51	0.51	0.00	0.09
5	D5,2	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00	0.26

Cuadro 6. Valores del contenido de aceites y grasas (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Aceites y grasas - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	1.07	1.08	1.08	1.08	0.00	0.37
1	A1,2	0.84	0.85	0.87	0.85	0.01	1.60
2	A2,2	0.82	0.85	0.81	0.83	0.02	2.51
3	A3,2	0.70	0.75	0.80	0.75	0.05	6.68
4	A4,2	0.86	0.85	0.89	0.87	0.02	2.75
5	A5,2	0.89	0.81	0.87	0.86	0.04	4.93

Días de Fermentación	Código de Envío	Aceites y grasas - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	1.07	1.07	1.07	1.07	0.00	0.04
1	B1,2	0.85	0.84	0.85	0.84	0.00	0.39
2	B2,2	0.82	0.81	0.82	0.82	0.00	0.12
3	B3,2	0.80	0.74	0.74	0.76	0.03	4.48
4	B4,2	0.86	0.84	0.85	0.85	0.01	0.95
5	B5,2	0.89	0.87	0.85	0.87	0.02	2.17

Días de Fermentación	Código de Envío	Aceites y grasas - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	1.07	1.07	1.07	1.07	0.00	0.00
1	C1,2	0.85	0.85	0.85	0.85	0.00	0.00
2	C2,2	0.82	0.82	0.82	0.82	0.00	0.00
3	C3,2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00
4	C4,2	0.86	0.86	0.86	0.86	0.00	0.00
5	C5,2	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00	0.00

Días de Fermentación	Código de Envío	Aceites y grasas - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	1.09	1.05	0.99	1.04	0.05	4.88
1	D1,2	0.85	0.80	0.90	0.85	0.05	6.19
2	D2,2	0.82	0.84	0.83	0.83	0.01	1.29
3	D3,2	0.80	0.78	0.80	0.79	0.01	1.44
4	D4,2	0.85	0.85	0.80	0.83	0.03	3.48
5	D5,2	0.80	0.82	0.80	0.81	0.01	1.44

Cuadro 7. Valores del contenido de proteínas (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Proteínas - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	1.026	1.010	1.070	1.04	0.03	3.00
1	A1,2	1.100	1.098	1.050	1.08	0.03	2.61
2	A2,2	0.975	0.970	0.940	0.96	0.02	1.97
3	A3,2	0.980	0.900	1.000	0.96	0.05	5.51
4	A4,2	0.900	1.050	0.900	0.95	0.09	9.12
5	A5,2	0.970	0.975	0.990	0.98	0.01	1.06

Días de Fermentación	Código de Envío	Proteínas - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	1.000	1.010	0.990	1.00	0.01	1.00
1	B1,2	1.000	0.980	0.980	0.99	0.01	1.17
2	B2,2	0.960	0.950	0.940	0.95	0.01	1.05
3	B3,2	0.980	0.900	1.000	0.96	0.05	5.51
4	B4,2	0.910	1.010	0.900	0.94	0.06	6.47
5	B5,2	0.950	0.975	0.970	0.97	0.01	1.37

Días de Fermentación	Código de Envío	Proteínas - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	1.02	1.01	1.07	1.03	0.03	3.11
1	C1,2	1.00	1.10	1.05	1.05	0.05	4.67
2	C2,2	0.98	0.97	0.94	0.96	0.02	1.97
3	C3,2	0.98	0.90	1.00	0.96	0.05	5.51
4	C4,2	0.90	1.05	0.90	0.95	0.09	9.12
5	C5,2	0.97	0.98	0.99	0.98	0.01	1.06

Días de Fermentación	Código de Envío	Proteínas - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	0.912	1.000	1.050	0.99	0.07	7.08
1	D1,2	0.908	1.040	1.050	1.00	0.08	7.93
2	D2,2	0.910	0.970	0.947	0.94	0.03	3.21
3	D3,2	0.970	0.971	1.000	0.98	0.02	1.74
4	D4,2	0.900	1.060	0.900	0.95	0.09	9.69
5	D5,2	0.971	0.970	0.990	0.98	0.01	1.15

Cuadro 8. Valores del contenido de fibra cruda (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Fibra cruda - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	1.87	1.90	1.83	1.87	0.04	1.88
1	A1,2	1.90	1.70	1.85	1.82	0.10	5.73
2	A2,2	1.87	1.85	1.87	1.86	0.01	0.62
3	A3,2	1.76	1.75	1.75	1.75	0.01	0.33
4	A4,2	1.78	1.76	1.78	1.77	0.01	0.75
5	A5,2	1.80	1.73	1.75	1.76	0.04	2.05

Días de Fermentación	Código de Envío	Fibra cruda - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	1.77	1.85	1.83	1.82	0.04	2.29
1	B1,2	1.87	1.8	1.83	1.83	0.04	1.92
2	B2,2	1.85	1.83	1.85	1.84	0.01	0.63
3	B3,2	1.78	1.76	1.79	1.78	0.02	0.86
4	B4,2	1.77	1.757	1.78	1.77	0.01	0.65
5	B5,2	1.69	1.73	1.72	1.71	0.02	1.21

Días de Fermentación	Código de Envío	Fibra cruda - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	1.80	1.90	1.83	1.84	0.05	2.78
1	C1,2	1.90	1.80	1.85	1.85	0.05	2.70
2	C2,2	1.79	1.81	1.85	1.82	0.03	1.68
3	C3,2	1.71	1.77	1.70	1.73	0.04	2.26
4	C4,2	1.78	1.75	1.72	1.75	0.03	1.75
5	C5,2	1.59	1.74	1.75	1.69	0.09	5.29

Días de Fermentación	Código de Envío	Fibra cruda - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	1.85	1.82	1.83	1.83	0.02	0.83
1	D1,2	1.90	1.70	1.85	1.82	0.10	5.73
2	D2,2	1.80	1.83	1.82	1.82	0.02	0.84
3	D3,2	1.77	1.80	1.74	1.77	0.03	1.69
4	D4,2	1.69	1.81	1.80	1.77	0.07	3.72
5	D5,2	1.80	1.73	1.74	1.76	0.04	2.16

Cuadro 9. Valores del contenido de carbohidratos (%) de la masa de yuca durante el proceso fermentativo.

Días de Fermentación	Código de Envío	Carbohidratos - Callería A			Promedio	SD	CV
0	A0,2	34.64	34.65	34.67	34.65	0.01	0.04
1	A1,2	26.68	27.07	26.85	26.87	0.19	0.72
2	A2,2	22.81	22.84	22.88	22.85	0.03	0.15
3	A3,2	20.51	20.53	20.98	20.67	0.26	1.28
4	A4,2	20.33	20.53	20.27	20.38	0.13	0.66
5	A5,2	19.20	20.21	19.11	19.51	0.61	3.12

Días de Fermentación	Código de Envío	Carbohidratos - Callería B			Promedio	SD	CV
0	B0,2	34.64	34.61	34.71	34.65	0.05	0.15
1	B1,2	27.82	27.91	26.87	27.53	0.58	2.09
2	B2,2	22.35	22.41	22.87	22.54	0.28	1.26
3	B3,2	20.31	20.45	20.44	20.40	0.08	0.39
4	B4,2	20.26	20.19	19.33	19.92	0.52	2.60
5	B5,2	19.33	19.25	19.32	19.30	0.05	0.25

Días de Fermentación	Código de Envío	Carbohidratos - Yarina			Promedio	SD	CV
0	C0,2	34.85	34.73	34.63	34.74	0.11	0.32
1	C1,2	26.92	26.89	26.78	26.86	0.07	0.27
2	C2,2	23.03	22.99	22.87	22.96	0.09	0.37
3	C3,2	20.60	20.59	20.46	20.55	0.08	0.39
4	C4,2	20.47	20.32	20.39	20.39	0.07	0.36
5	C5,2	19.55	19.36	19.20	19.37	0.18	0.91

Días de Fermentación	Código de Envío	Carbohidratos - Manantay			Promedio	SD	CV
0	D0,2	34.78	34.74	34.76	34.76	0.02	0.07
1	D1,2	26.88	27.00	26.62	26.83	0.19	0.72
2	D2,2	22.95	22.88	22.88	22.90	0.04	0.18
3	D3,2	20.41	19.88	20.39	20.23	0.30	1.49
4	D4,2	19.94	20.15	20.19	20.09	0.13	0.65
5	D5,2	19.29	19.00	19.19	19.16	0.15	0.77

Anexo 2. Registros fotográficos



Muestreo de masa y bebida de masato.



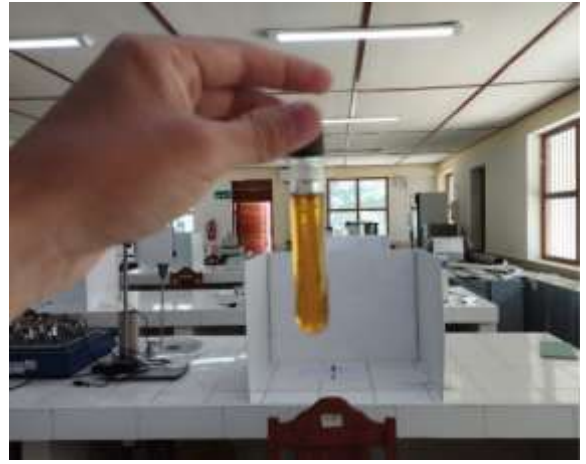
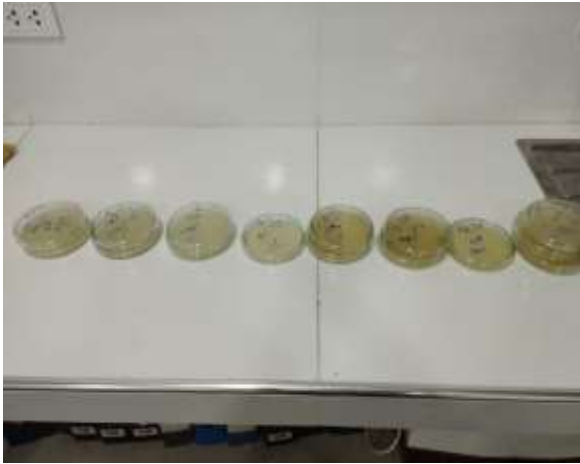
Proceso de elaboración de masa y bebida de masato.



Muestra deshidratada para extracción de aceites y grasas por el método soxhlet.



Determinación de acidez titulable y sólidos totales disueltos (°Brix).



Recuento de colonias en placa y verificación de *Salmonella* sp.



Formato de muestra.