



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE POSGRADO Y FORMACIÓN CONTINUA

**INFORME DE INVESTIGACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER
EN AGROINDUSTRIA**

MODALIDAD:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

**EFFECTOS DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN Y LAS
VARIEDADES DE YUCA SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN**

AUTORES:

**RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR
VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ**

TUTOR:

ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, Mg.

CALCETA, NOVIEMBRE 2021

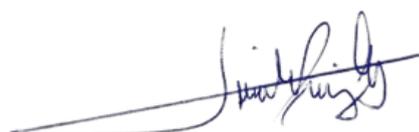
DERECHOS DE AUTORÍA

RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR y VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR



VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, Mg. certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTOS DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN Y LAS VARIETADES DE YUCA SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN**, que ha sido desarrollado por **RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR** y **VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ**, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, Mg.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFFECTOS DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN Y LAS VERIEDADES DE YUCA SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL ALMIDÓN**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR** y **VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ**, previa la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de la unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. DAVID MOREIRA VERA, PhD.
MIEMBRO

Mg. NELSON MENDOZA GANCHOZO.
MIEMBRO

ING. ELY FERNANDO SACÓN VERA, PhD.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A DIOS por darnos fuerzas y salud para superar las dificultades a lo largo del camino.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mi esposa Ing. Mariuxi Cedeño Menéndez y su familia por ser el soporte fundamental para lograr este objetivo.

A mi suegro Señor Jorge Guillermo Cedeño, por ser un apoyo incondicional y fuente de motivación constante.

Al tutor Ing. José Fernando Zambrano Ruedas, Mg. por ser nuestro guía en el desarrollo de este proyecto

A mi compañero de tesis Vicente Ruiz, por compartir sus experiencias y sabiduría en este proyecto.

A los Docentes de cada asignatura que a más de ser profesores se convirtieron en grandes amigos.

A mis estimados amigos y compañeros: Ing. Héctor Espinoza, Ing. Jandry Palacios e Ing. Jaime Moreira por su valiosa amistad y por haber compartido sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros de aula, a quienes tuve el agrado de conocer y de compartir grandes momentos, unidos por un mismo objetivo.

RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, y permitirme conocer muchas personas valiosas, que me ayudaron en este proceso de formación profesional.

A mis padres Blanca y Vicente por su apoyo constante e incondicional durante todas las etapas de mi vida.

A mi esposa que con esfuerzos ha apoyado permanentemente cada una de las actividades desarrolladas y por motivarme día a día durante esta etapa de formación profesional.

A mis queridos hijos, por su ayuda continua y absoluta, quienes son los motores que me impulsan para lograr mis objetivos.

A mi compañero Raúl, por su aporte valioso para alcanzar con éxito este propósito.

A mis compañeros, en especial a mis amigos Jandry y Héctor, por su gran ayuda y colaboración en consultas y soporte técnico en este trabajo de investigación.

A los docentes facilitadores de esta maestría y especialmente al ingeniero José Fernando Zambrano Ruedas, por guiarnos acertadamente durante este trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ

DEDICATORIA

A DIOS y a mis Ángeles que están en el cielo: Mi padre Isauro Murillo, que me inculcó los valores del trabajo y en especial a mi madre María Loor quien siempre confió en mí, me motivó a estudiar y a salir adelante en todo lo que me proponga.

A mi esposa Ingeniera Mariuxi Cedeño que ha sido un apoyo incondicional.

A mis hijas Ariana Nicole y María Victoria que han sido mi motivación en este arduo trabajo, enseñándoles mediante el ejemplo que pueden conseguir las metas que se propongan.

A mis amigos que de una u otra manera siempre me motivaron a terminar esta maestría.

A mis compañeros de trabajo de mi querida UNESUM en donde laboro.

RAÚL CLEMENTE MURILLO LOOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, y permitirme conocer muchas personas valiosas, que me ayudaron en este proceso de formación profesional.

A mis padres Blanca y Vicente por su apoyo constante e incondicional durante todas las etapas de mi vida.

A mi esposa que con esfuerzos ha apoyado permanentemente cada una de las actividades desarrolladas y por motivarme día a día durante esta etapa de formación profesional.

A mis queridos hijos, por su ayuda continua y absoluta, quienes son los motores que me impulsan para lograr mis objetivos.

A mi compañero Raúl, por su aporte valioso para alcanzar con éxito este propósito.

A mis compañeros, en especial a mis amigos Jandry y Héctor, por su gran ayuda y colaboración en consultas y soporte técnico en este trabajo de investigación.

A los docentes facilitadores de esta maestría y especialmente al ingeniero José Fernando Zambrano Ruedas, por guiarnos acertadamente durante este trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

VICENTE SEBASTIÁN RUIZ CHÉVEZ

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
• DEFINICIONES:.....	5
2.1. REFERENCIAS A NIVEL LOCAL Y DE LATINOAMÉRICA SOBRE LA CALIDAD DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.	6
2.1.1. EN EL CONTEXTO LOCAL.....	6
2.1.2. EN EL CONTEXTO DE LATINOAMÉRICA.....	6
2.2. REFERENCIAS DE PROCESOS FERMENTATIVOS DE ALMIDÓN NATIVO DE YUCA	9
2.2.1. FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA (NATURAL).....	9
2.2.2. FERMENTACIÓN MEJORADA	10
2.3. REFERENCIAS DE RESULTADOS SIMILARES EN PROCESOS DE FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE YUCA	12
2.4. MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.4.1. VARIEDADES DE YUCA.....	14
• INIAP PORTOVIEJO – 650.....	14
• INIAP PORTOVIEJO – 651.....	14
• INIAP PORTOVIEJO – 652.....	15
2.4.2. BIORREACTORES ESTACIONARIOS (FERMENTADORES)	15
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	16
3.1. UBICACIÓN	16

3.2. DURACIÓN.....	16
3.3. FACTORES EN ESTUDIO.....	16
3.4. NIVELES DEL FACTOR	16
3.5. TRATAMIENTOS	16
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
3.6.1. ESQUEMA DEL ANOVA	17
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL	17
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	18
3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN FERMENTADO.....	18
3.8.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL ALMIDÓN FERMENTADO	21
21	
3.9. VARIABLES MEDIDAS	22
• Calidad fisicoquímica	22
• Calidad microbiológica	22
3.10. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	22
3.10.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 Y 652.....	22
3.10.2. DATOS TOMADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652	22
3.10.3. CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA POST FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE YUCA	22
3.11. MÉTODOS DE EVALUACIÓN	23
3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS VARIEDADES DE YUCA.....	25
4.2. CINÉTICA DE ACIDIFICACIÓN DEL ALMIDÓN FERMENTADO DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 Y 652	26
4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN DE LOS ALMIDONES FERMENTADOS DE YUCA.....	28
4.4. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL MEJOR TRATAMIENTO DE ALMIDÓN FERMENTADO.....	35
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
5.1. CONCLUSIONES.....	37
5.2. RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXO	45

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 1. Niveles de los factores	16
Tabla 2. Combinación de los niveles de factores en estudio	17
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza	17
Tabla 4. Análisis fisicoquímicos.....	23
Tabla 5. Análisis microbiológicos	24
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos promedios de yuca iniap portoviejo 650,651 y 652	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Capacidad de expansión de los almidones en función de las variedades de yuca y días de culminación de fermentación	29
Tabla 8. Factores inter-sujetos	29
Tabla 9. Prueba de normalidad	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. <i>Prueba de homogeneidad</i>	30
Tabla 11. Anova de capacidad de expansión de los almidones (cm ³ /g).....	30
Tabla 12. <i>Capacidad de expansión del almidón (factor a)</i>	31
Tabla 13. <i>Capacidad de expansión del almidón (factor b)</i>	31
Tabla 14. Calidad fisicoquímica del mejor tratamiento t6 (almidón iniap portoviejo 652).....	35
Tabla 15. Calidad microbiológica del mejor tratamiento t6 (almidón iniap portoviejo 652)	36

Figuras

Figura 1. Diagrama de proceso de obtención de almidón fermentado	21
Figura 2. Descenso del ph en los almidones de yuca en función de los días de fermentación (10, 18 y 24)	26
Figura 3. Aumento de la acidez titulable en los almidones en función de los días de fermentación.....	28
Figura 4. Interacción entre el factor a y b: capacidad de expansión de los almidones (cm ³ /g).....	32

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la variedad de yuca y el tiempo de fermentación que mejoren la capacidad de expansión del almidón nativo, se evaluó el efecto de las variables tiempo de fermentación (10, 18 y 25 días) y las variedades de yuca (INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652). Se enriqueció el medio fermentativo del proceso adicionando jarabe de glucosa (0.5%) y extracto de levadura (0.2%) a todos los tratamientos y se aplicó secado al sol. Se evaluó la calidad fisicoquímica, mediante análisis de pH, acidez titulable, humedad, cenizas de las materias primas y del mejor tratamiento que corresponde a la variedad INIAP PORTOVIEJO 652, al cual también se le determinó la capacidad de expansión. Se analizó la calidad microbiológica del mejor tratamiento, mediante análisis de recuento de coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras. Se aplicó un diseño estadístico con arreglo factorial analizado por la vía de un DCA. Los resultados indican que al evaluar la capacidad de expansión de los almidones hubo diferencias estadísticas en relación al tiempo de fermentación y las variedades de yuca, así como las interacciones entre estos dos factores. El almidón de la variedad 652 alcanzó en promedio el mayor poder de expansión a los 18 días de fermentación llegando a 14.83 cm³/g, con niveles microbiológicos permisibles para consumo humano. El almidón obtenido por su alto poder de panificación se convierte en una materia prima funcional importante para usos en panificación y afines.

Palabras clave: Almidón nativo, fermentación, poder de panificación.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the cassava variety and the fermentation time that improve the expansion capacity of the native starch, the effect of the fermentation time variables (10, 18 and 25 days) and the cassava varieties (INIAP PORTOVIEJO 650, 651 and 652). The medium fermentation of the process was enriched by adding glucose syrup (0.5%) and yeast extract (0.2%) to all treatments and sun drying was applied. The physicochemical quality was evaluated, through analysis of pH, titratable acidity, humidity, ashes of the raw materials and the best treatment corresponding to the variety of cassava INIAP PORTOVIEJO 652, which also determined the expansion capacity. The microbiological quality of the best treatment was analyzed by means of count analysis of total coliforms, *E. coli*, molds and yeasts. A statistical design was applied with a factorial arrangement analyzed by means of a DCA. The results indicate that when evaluating the expansion capacity of the starches, there were statistical differences in relation to the fermentation time and the varieties of cassava, as well as the interactions between these two factors. The starch of variety 652 reached, on average, the highest expansion power after 18 days of fermentation, reaching 14.83 cm³ / g, with microbiological levels permissible for human consumption. The starch obtained due to its high baking powder becomes an important functional raw material for uses in baking and things alike.

Keywords: Native starch, fermentation, baking powder.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El almidón fermentado es obtenido a raíz de la actividad ácido láctico natural del almidón nativo que se extrae de raíces frescas de yuca, mismo que posteriormente es secado al sol. La característica particular de este producto radica en su gran capacidad de expansión (poder de panificación) en el horneado.

A nivel mundial entre los principales países productores y consumidores de almidón fermentado de yuca, encontramos a Nigeria en el continente africano, Tailandia en Asia; Brasil, Colombia y Paraguay en Sudamérica. En Ecuador básicamente se produce almidón nativo, la producción se distribuye en el cantón El Empalme, provincia del Guayas; Chone, Flavio Alfaro y Portoviejo, provincia de Manabí.

En Manabí, se produce almidón nativo y fermentado en pequeñas cantidades de forma artesanal, actividad que representa la principal fuente de ingresos económicos para las familias ubicadas en las zonas de producción. El producto carece de registro sanitario y consecuentemente de aval de inocuidad. La parroquia Canuto del cantón Chone es la principal productora de almidón de yuca en Manabí, también se produce en la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo en menor cantidad, esta producción es destinada especialmente para la elaboración de pan de yuca y de galletas.

La información disponible en Manabí sobre el proceso de producción de almidón fermentado y de la capacidad de expansión y características microbiológicas de este producto, es escasa. No se conocen los efectos relacionados al tiempo de fermentación natural del almidón que se obtiene de las variedades INIAP-PORTOVIEJO 650, INIAP-PORTOVIEJO 651 e INIAP-PORTOVIEJO 652 liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP Estación Experimental Portoviejo, debido a que actualmente en el procesamiento para la obtención de almidón se utilizan diversas variedades locales.

En el almidón proveniente de una fermentación se ha encontrado que este presenta variaciones en la capacidad de expansión y así como en las propiedades fisicoquímicas, lo cual, a más del proceso fermentativo esta determinado por el origen y variedad del cultivo de yuca (Aguilar et al., 2012). Esta diversidad de propiedades intrínsecas que presenta el almidón, asociadas a la generación de nuevos compuestos durante el proceso de fermentación pueden repercutir de manera significativa sobre los efectos en la capacidad de expansión del producto.

De acuerdo a un estudio realizado sobre caracterización física y microbiológica del almidón de yuca producido en Canuto-Manabí, Álava et al. (2017), informan que de 30 muestras tomadas a productores del sector (pequeñas plantas procesadoras de almidón de yuca), se evidenció que el 73.34% de las muestras presentaron mohos, levaduras, *E. coli*, y el 26.66% mostraron esterilidad comercial. Ante lo expuesto se plantea la siguiente pregunta.

¿Cómo influye la variedad de yuca, el tiempo de fermentación y la concentración de sustrato en la calidad fisicoquímica y microbiológica del almidón nativo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según la Organización de la Naciones Unidas, ONU (2020), aproximadamente 600 millones de enfermedades se transmiten a través de los alimentos y estas, se presentan anualmente, donde los alimentos nocivos son una amenaza para la salud humana y las economías, y los más afectados de manera significativa son las poblaciones vulnerables, marginadas y a las afectadas por los conflictos y migración, especialmente mujeres y niños.

Ante lo indicado y en vista de que actualmente la producción de alimentos está orientada a garantizar durante todas las etapas de la cadena productiva y alimentaria la inocuidad de los mismos, nace esta investigación orientada a estudiar los efectos del tiempo de fermentación en almidón nativo de yuca a obtenerse de tres variedades, INIAP-650, INIAP-651 y INIAP-652.

Mediante este trabajo se pretende demostrar la hipótesis de que el tiempo

adecuado de fermentación, la procedencia del almidón nativo (variedad y lugar) y la aplicación de buenas prácticas de manufactura influyen en la capacidad de expansión y sobre la calidad microbiana en el almidón fermentado. Cabe indicar que la morfología de los gránulos del almidón nativo está relacionada con las propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Situación que es confirmada por Medina y Salas (2008) que indican que la morfología granular que presenta el almidón varía notablemente de una fuente a otra, mismo que ocasiona que las propiedades fisicoquímicas y funcionales de cada materia prima sean diferentes. Con lo expuesto, el propósito es contar con un producto modificado de alta calidad, gran capacidad de expansión (poder de panificación) y bajo nivel de contaminación microbiana para uso en la industria de panificación, cualidades que pueden convertir al almidón fermentado de yuca en un producto funcional con niveles permisibles de inocuidad para el consumo humano.

Dado que aproximadamente 400 familias de pequeños productores en Manabí se dedican a la actividad de producción, procesamiento y comercialización de almidón de yuca, esta actividad se convierte en importante fuente generadora de empleo y dinamizadora de la economía local en el ámbito rural, situación que justifica esta investigación.

Finalmente podemos indicar, que esta investigación tiene como fin contribuir al fortalecimiento de la cadena productiva de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, MIPYMES, dedicadas a la producción, procesamiento y comercialización de almidón nativo de yuca, a través de información científica sobre el proceso de fermentación y de las ventajas funcionales que el almidón fermentado presenta para usos en panificación debido a su gran capacidad para crecer durante el horneado.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la variedad de yuca y el tiempo de fermentación que mejore la

capacidad de expansión y conserva los niveles microbiológicos del almidón nativo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Evaluar las variedades de yuca INIAP Portoviejo 650, 651 y 652 en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas previo a la producción de almidón.
- Determinar el índice de expansión del almidón fermentado para las tres variedades de yuca post fermentación y secado.
- Comprobar la calidad fisicoquímica y microbiológica del tratamiento que presente la mejor capacidad de expansión.

1.4. HIPÓTESIS

La variedad de yuca y el tiempo de fermentación influyen en la calidad fisicoquímica y microbiológica del almidón nativo.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- **DEFINICIONES:**

Almidón nativo de yuca: De acuerdo con Meneses et al. (2007) el almidón nativo o dulce se obtiene del procesamiento húmedo de las raíces frescas de yucas, no es sometido a un proceso de fermentación, y es el que se usa generalmente en la industria.

Almidón fermentado de yuca: Según Serna et al. (2017), el almidón fermentado de yuca se origina a raíz de reacciones ácidas e hidrolíticas parciales que se dan en el almidón nativo producidas por reacciones enzimáticas causadas por diversos microorganismos amilolíticos que se originan a raíz de un proceso de fermentación anaerobia, que después de un secado directo al sol, modifican su estructura, lo que le otorga propiedades funcionales al almidón nativo que antes no poseía y de esta manera se vuelven de mayor utilidad para la industria de panificación.

Capacidad de expansión (poder de panificación): De acuerdo a Alarcón y Dufour (1998), el poder de expansión en los almidones es el principal criterio de calidad y se define como la capacidad que este posee para crecer durante el horneado. Esta característica está determinada fundamentalmente por la variedad de yuca con la que se realiza el proceso de extracción y posterior fermentado para después ser secado al sol.

Fermentación acética: Este proceso es propio de bacterias del género *Acetobacter* y se generan en proceso aeróbico, por lo que puede darse particularmente en los vinos expuestos al aire (Dufour, 1998).

Fermentación láctica: La glucosa se oxida parcialmente y así es como se da inicio a este proceso, mismo que se da también por la intervención de bacterias lácticas (cuando se quedan sin oxígeno), (Dufour, 1998).

2.1. REFERENCIAS A NIVEL LOCAL Y DE LATINOAMÉRICA SOBRE LA CALIDAD DE ALMIDÓN DE YUCA NATIVO Y FERMENTADO.

2.1.1. EN EL CONTEXTO LOCAL

En Manabí, el almidón de yuca es producido por pequeños y medianos productores, en su gran mayoría no aplican Buenas Prácticas de Manufactura, dando como resultado un producto de baja calidad. De acuerdo a estudio realizado sobre caracterización física y microbiológica del almidón de yuca producido en Canuto-Manabí, Álava et al. (2017) informan que de 30 muestras tomadas a productores del sector (pequeñas plantas procesadoras de almidón de yuca), se evidenció la presencia de mohos, levaduras y E. coli en el 73.34% de las muestras y el 26.66% de estas muestras de almidón mostraron esterilidad comercial.

Cárdenas et al. (2015) evaluaron dos sistemas de secado para el almidón de yuca: secado tradicional al ambiente, sobre piso de cemento revestido con polietileno negro calibre 6, mientras que el otro fue un sistema eco tecnológico con armazón de madera, cubierta de vidrio y placa metálica. Los resultados demostraron que, el sistema solar eco tecnológico, registró temperaturas promedias de entre 31 y 60°C, en la mañana y tarde.

Con el sistema mencionado anteriormente, se logró obtener un menor porcentaje en la humedad (11.7%). En este sentido, el sistema solar eco tecnológico se vuelve una opción viable para secar almidón de yuca y, además, podría solucionar la posible contaminación que sufre este producto durante la etapa de secado expuesto al ambiente.

2.1.2. EN EL CONTEXTO DE LATINOAMÉRICA.

Diferentes almidones procedentes de varios tubérculos: makal (*Xanthosoma yucatanensis*), camote (*Ipomea batata*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sagú (*Marantha arundinacea*) fueron evaluados físicoquímica y funcionalmente. Los resultados indicaron que el tamaño promedio de los gránulos de almidón varió de

entre 10.6 - 16.5 μm . La amilosa fue de 23.6 para el makal, 19.6 en camote, 17.0 para yuca y 22.7% en el sagú. Las temperaturas de gelatinización fueron de 78.4, 61.3, 65.2 y 74.9°C (Hernández et al., 2008).

Estos mismos resultados indicaron que le mayor poder de hinchamiento y solubilidad se dio en el almidón de yuca. La viscosidad máxima también fue para este almidón, mientras que el almidón de camote presentó la mayor claridad de gel con un 51.8% y el de makal, la menor con un 10.9%. La mayor elasticidad se la llevo el almidón de yuca fue con un 36.2%. Las recomendaciones de la investigación se las llevó el almidón de makal y sagú, los cuales de acuerdo a las características mostradas son aptos para ser usados en productos que son sometidos a altas temperaturas en su procesamiento. Por otra parte, los almidones de camote y yuca pueden ser utilizados como: estabilizantes espesantes y gelificantes, así como en alimentos refrigerados-congelados.

Según Alarcón y Dufour (1998) la producción artesanal de almidón fermentado impide que su calidad sea uniforme, y esto limita su acceso al mercado. La capacidad de expansión (poder de panificación) depende principalmente de la variedad de yuca, el proceso de fermentación y del secado al sol. La elección de la variedad apropiada y de los procesos adecuados durante estas etapas de para el proceso de producción de almidón fermentado. El control efectivo en estas etapas mejoraría mucho la calidad del almidón.

Usuga (2017) indica que debido a la variabilidad en las características de las materias primas que se utilizan y al poco control en las etapas del proceso de obtención de almidón fermentado, el producto obtenido es muy heterogéneo en calidad lo que limita su acceso a otros mercados más exigentes.

Este mismo autor indica que una de las variaciones de la calidad ocurre en el proceso fermentativo; en esta etapa se utilizan fermentadores de diversos tamaños, geometría y material de fabricación. Estas características modifican las condiciones ambientales para los microorganismos iniciadores y por lo tanto la capacidad del proceso para obtener un producto de calidad se reduce significativamente.

En estudio realizado para conocer el efecto de la fermentación sobre las

características fisicoquímicas y tecnológicas del almidón de mandioca, Díaz et al. (2016) concluyó que, en la producción de almidón fermentado, una opción rentable es el secado al sol debido a que este proceso permite obtener derivados con menor acidez, siendo esta una característica sensorial, relevante para su aplicación como ingrediente alimentario.

Un estudio realizado en Colombia por García y Muñoz (2018) concluyeron que la aplicación de las buenas prácticas de manufactura en la extracción de almidón mejora considerablemente las propiedades microbiológicas, mejorando la calidad del almidón y cumpliendo con los requisitos para el consumo humano. En este sentido, Serna et al. (2017) indican que una práctica fundamental dentro del procesamiento de almidón fermentado, es el secado, mismo que debe hacerse al sol, debido a que este contribuye a que se logre una mayor capacidad de expansión del almidón.

En estudio realizado por Vargas (2010) para la obtención de almidón fermentado a partir de yuca, observó que durante el proceso de fermentación de almidón nativo la proliferación de lactobacilos fue decreciendo en el proceso de fermentación, pasando de 3.28×10^7 UFC/mL a 1.23×10^7 UFC/mL. Se notó que después de la primera semana hubo un decrecimiento en las UFC de los lactobacillus; sin embargo, el ácido láctico generado por estos microorganismos fue suficiente para producir almidón agrio de buena calidad y con alta capacidad de expansión.

Quintero et al. (2012) menciona que los requerimientos en la industria en términos de funcionalidad han cambiado por lo que los almidones nativos tienen ya un uso limitado por lo que se están realizando modificaciones en aras de realzar sus propiedades, lo cual permitirá una mayor estabilidad en los alimentos otorgándole mejores propiedades reológicas. Ante la necesidad de los pequeños y medianos productores de almidón agrio de Colombia, Fernández et al. (2002) desarrollaron un método sencillo para medir la capacidad de expansión de este producto, teniendo gran acogida por productores y compradores, lo cual garantizará a los consumidores una calidad homogénea y permanente del

almidón agrio.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP (1994) refiere las características de calidad que deben cumplir los productos derivados de yuca: Trozos de yuca (humedad máxima 14%, ceniza 1.8-3%, fibra 2.1-5%, almidón 70-82%); harina de yuca (humedad máxima 14%, ceniza 1.8-3%, fibra 1-6%, almidón 70-82%); almidón de yuca (humedad máxima 12%, almidón más de 80%, pH entre 4.5 y 7).

2.2. REFERENCIAS DE PROCESOS FERMENTATIVOS DE ALMIDÓN NATIVO DE YUCA

2.2.1. FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA (NATURAL)

García et al. (2016) manifiestan que la temperatura de gelatinización fue afectada por la concentración de la solución y el pH producto de la fermentación del almidón de yuca respecto al almidón nativo, modificando la estructura del gránulo de almidón. Los geles de almidón de yuca modificado por fermentación tienen un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico. La modificación no alteró el comportamiento pseudoplástico del almidón nativo de yuca y no mostró histéresis de carácter tixotrópico.

Díaz et al. (2016) evaluaron el impacto de los procesos fermentativos sobre las características fisicoquímicas y tecnológicas en el almidón de mandioca. En esta investigación se efectuó una extracción acuosa para obtener almidón, y posteriormente se fermentó dejándole el sobrenadante de decantación durante 20 días a una temperatura de 20°C. Finalizado el proceso se evaluaron dos tipos de secado: al sol y en estufa a una temperatura de 40°C.

Los resultados indicaron que los dos procesos de fermentación utilizados generaron diferentes pH, mismo que se vio reflejado las diferentes características de los productos obtenidos. Ambas fermentaciones redujeron levemente la tonalidad amarillenta del almidón nativo. El proceso fermentativo con starter provocó una mayor alteración en la morfología e integridad de los gránulos de almidón, lo cual

se pudo deber a la presencia de ácidos orgánicos en el proceso, generados desde un principio en la fermentación.

Esto mismos autores reportaron que la temperatura incidió sobre alteraciones de gelatinización en los almidones fermentados. Estas modificaciones también incidieron sobre las características reológicas de las pastas. Los dos procesos fermentativos representan una buena alternativa económica y de fácil escalado que permite obtener productos con propiedades tecnológicas de calidad.

La investigación desarrollada por Sánchez (2019) indicó que al tercer día de fermentación se obtienen las características óptimas para conseguir un producto modificado de características sensoriales y fisicoquímicas de calidad. A través de un Diseño completo al Azar (DCA) determinaron que la muestra al tercer día cumplió con los rangos aceptables y para demostrar las diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey. Con características de pH de 4; acidez en un 4.7% (ácido láctico); humedad 13.6% y cenizas 0.01%; se logró obtener, en un corto tiempo, un producto similar en comparación al obtenido en 30 a 60 días con las mismas características.

2.2.2. FERMENTACIÓN MEJORADA

En una investigación realizada por Serna et al. (2017) evaluaron el enriquecimiento del medio fermentativo adicionando jarabe de glucosa (JG) como potenciador de la fermentación y levadura (EL) en diferentes concentraciones. Posteriormente se utilizó un método de secado con humidificación periódica el cual se contrastó con el secado solar tradicional. Estas características se estudiaron como variables de proceso de fermentación

Los resultados mostrados en la investigación indicaron que la incorporación de jarabe de glucosa afectó significativamente ($p < 0.05$) el proceso de fermentación, mismo que se vio reflejado positivamente en un aumento en la capacidad de expansión el cual fue proporcional al aumento de los días del proceso fermentativo, asociado a un descenso de pH. Se obtuvieron mejores resultados del almidón agrio después de los días 21 de fermentación. Finalmente, el método de secado con humidificación mostró presentó los mayores volúmenes de expansión en el

almidón. Esta investigación se logró definir variables de proceso de producción de almidón agrio que permitieron mejorar la expansión del pan de bono.

Quintero et al. (2012) en investigación realizada sobre modificación de almidón de yuca con la inclusión de *Aspergillus niger*, informan mediante análisis térmico y físico aplicados en el almidón nativo y fermentado se pudo identificar diferentes cambios estructurales que se dan en el almidón durante el proceso de fermentación corroborando además que en muchos aspectos, la fermentación controlada es una buena técnica para modificar la estructura del almidón con la finalidad de obtener nuevos productos con características requeridas en la industria de alimentaria.

Rincón y Novoa (2005) indican que entre los 18 y 27 días de fermentación del almidón, se genera una mayor concentración de ácido láctico en un intervalo de concentración de inóculo de 11 a 20% (v/v). Estos mismos autores lograron determinar que al adicionar 20% de inóculo al proceso de fermentación, el tiempo disminuyó a 13 días. En la investigación se mencionó que se empleó como inóculo cepa nativa *Bacillus* sp.

Rodríguez (2018) demostró que en el proceso de fermentación que realizan los productores se puede producir almidones de buena calidad mucho antes de lo acostumbrado, además que es posible que, mediante la adición de un inóculo de almidón fermentado y glucosa, cuando el sistema alcanza valores de pH alrededor de 3.8, se pueda producir almidón agrio de yuca con una mayor capacidad de expansión.

Mediante estudio comparativo de la calidad de la fermentación de almidón nativo de yuca por el método tradicional y modificado con la adición de glucosa a concentraciones de 0.10, 0.25 y 0.50% desarrollado en Brasil por Angeloni (2004) los datos experimentales indicaron que el origen del almidón debe tenerse en cuenta en los estudios y que los gránulos del almidón nativo pueden mostrar estructuras con diferentes tendencias a la fermentación. La investigadora encontró que la adición de una concentración 0.50% (p/v) de jarabe de glucosa a la suspensión de almidón nativo podía acortar hasta en un 50% aproximadamente el

tiempo de fermentación sin afectar, incluso, mejorando las propiedades de expansión del almidón.

En estudio realizado por Miranda (2014) sobre fermentación de almidón nativo de yuca inoculado con *Lactobacillus casei* y una mezcla de bacterias ácido lácticas, así como también una fermentación espontánea, compararon condiciones de pH y concentración de ácido láctico, así como propiedades fisicoquímicas y funcionales en almidón. Los resultados indicaron que el tiempo de fermentación fue de 10 días menos al inocular microorganismos, frente al proceso tradicional.

Miranda (2014) también informó que después de que se evaluaron las características fisicoquímicas y funcionales en el almidón fermentado, a través de características de viscosidad en una salsa tipo Ketchup y el poder de panificación en panes de yuca. En la capacidad espesante y de expansión, se demostró que el almidón fermentado con *Lactobacillus casei* son propicios para la preparación de pan de yuca, mientras que los obtenidos con mezcla de diferentes microorganismos ácido lácticos se pueden usar para la elaboración de salsas.

2.3. REFERENCIAS DE RESULTADOS SIMILARES EN PROCESOS DE FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE YUCA

En un experimento realizado con dos variedades de yuca “valencia” y “brasileña”, Vargas et al. (2012) evaluaron las características físicas, químicas y microbiológicas del almidón fermentado que fue obtenido después de un proceso de fermentación natural (30 días) y dos métodos de secado: exposición directa del almidón al sol y un secador solar. Durante el proceso fermentativo, los almidones de las dos variedades de yuca se caracterizaron por un incremento de la acidez.

Además, estos autores informaron que las propiedades fisicoquímicas del almidón fermentado de las dos variedades de yuca, secados en ambos métodos propuestos, se contrastaron con el almidón nativo. Los resultados indicaron mayor capacidad de expansión ($p < 0.05$) para el almidón agrio (5.6 - 6.9 cm³/g), en relación al almidón nativo (2.2 y 3.0 cm³/g). El recuento de amilosa se situó entre 37 y 38% sin darse diferencias estadísticas significativa entre los almidones ($p >$

0.05). Los resultados también mostraron una forma esférica y truncada en los gránulos del almidón y la presencia del hilio en los gránulos de los almidones objeto de estudio; sin embargo, los almidones agrios presentaron una apariencia con hendiduras, fisuras y perforaciones.

Finalmente, estos autores indicaron resultados favorables en la prueba *in vitro* de digestibilidad del producto horneado, obtenido de la prueba de expansión del almidón agrio de la variedad "Valencia" el cual se deshidrató en un secador solar por ser considerado el más factible de procesar industrialmente. Se obtuvo 44 g/100 g de almidón lentamente digerible.

Para López et al. (2012), en el pan de yuca, el almidón fermentado es un componente importante porque otorga un buen volumen de expansión y una masa porosa con gran número de celdas con aire. Por otra parte, el queso se vuelve un ingrediente fundamental porque le otorga aroma y sabor inherentes, además de esto, complementa la estructuración de la masa y ayuda a obtener una mejor textura del producto final.

De acuerdo a la investigación realizada por Jiménez y Martínez (2016) al evaluar el almidón para determinar las características fisicoquímicas arrojó los siguientes datos: azúcares reductores 0.23%, valor reductor alcalino 0.5; humedad 9.68%, carbohidratos 89.59%, proteínas 0.058%, lípidos 0.181%, fibra 0.17% cenizas 0.30%, amilosa aparente de 21.51%, amilopectina 78.49%, amilosa total 22.67%; morfológicas: tamaño promedio del gránulo, 5.22 μm y propiedades funcionales: temperatura de gelatinización 66°C, absorción de agua a 90°C, 12.99, índice de solubilidad a 90°C, 8.55, poder de hinchamiento a 90°C, 15.26, claridad de pasta 59.35, retrogradación 5.32 en 24 horas.

Pizarro et al. (2016) mediante caracterización fisicoquímica de almidones de yuca demostraron a través de análisis que estos tienen diferentes funcionalidades y aplicaciones en la industria con alto valor agregado.

Sciarini et al. (2016) indicaron que una buena alternativa en la obtención de mejores productos (panes) de calidad superior, es la combinación de harina de soja activa con almidón fermentado de yuca. Por otra parte, los estudios de las interacciones

que se dan entre los componentes facilitan la explicación de lo observado y al mismo tiempo abre las perspectivas para profundizar sobre sus aplicaciones en nuevos desarrollos.

2.4. MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. VARIEDADES DE YUCA

En Manabí existen diferentes variedades de yuca, pero es importante indicar que para este estudio se han seleccionado tres variedades (INIAP-PORTOVIEJO 650, INIAP-PORTOVIEJO 651, INIAP-PORTOVIEJO 652), las cuales están perfectamente adaptadas a la costa ecuatoriana, son tolerantes a plagas, resistentes a enfermedades y presentan mayor rendimiento productivo con relación a las otras locales. Se escogieron estas debido a su alto contenido de materia seca y almidón, por lo cual presentan ventajas favorables para la industrialización.

- **INIAP PORTOVIEJO – 650**

De acuerdo al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias NIAP, Estación experimental Portoviejo (1992) esta variedad de yuca procede del clon MCOL 2215 y su progenitor es la variedad venezolana 1. Esta fue introducida al Ecuador en 1987 como un cultivo in vitro a través del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia. Esta variedad presenta mayor productividad que las variedades locales, además, presenta facilidad al momento de la cosecha, y además, presenta mayor resistencia a daños por plagas y enfermedades así como un alto contenido de materia seca (37%) y almidón.

- **INIAP PORTOVIEJO – 651**

De acuerdo a Hinostroza et al. (1998) esta variedad de yuca es procedente del clon CM-1335-4 cuyos padres son CM462-1 (Madre) y MCol1292 (Padre). Fue introducida al Ecuador en 1989 como estacas inmaduras de plantas indexadas (plantas catalogadas por diferentes características entre ellas por estar libres de transmitir plagas) procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Esta variedad es más precoz y productiva que las locales, además, es de

fácil cosecha, también es más resistente a daños por plagas y enfermedades, alto contenido de materia seca (35.5%) y almidón de fácil desprendimiento.

- **INIAP PORTOVIEJO – 652**

De acuerdo a Cobeña et al. (2020) esta variedad proviene del clon CM-3306-19 cuya madre es MCOL 523-7, fue introducida al Ecuador en 1999 como cultivo In Vitro, desde el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia. Indican que esta variedad es más precoz y productiva (21.3 t/ha de raíces frescas) que las locales, alto contenido de materia seca (36%) y además posee potencial para la agroindustria.

2.4.2. BIORREACTORES ESTACIONARIOS (FERMENTADORES)

Para esta investigación se han seleccionado los fermentadores de material plástico. En Colombia y Brasil las plantas productoras de almidón agrario utilizan tanques fermentadores construidos de cemento recubiertos de cerámica y de plástico. En trabajo de investigación desarrollado por Usuga (2017) donde se evaluaron estos dos tipos de tanques fermentadores, concluye que al comparar el almidón agrario procedente de los dos fermentadores no hubo diferencia para la acidez, el pH y la capacidad de expansión.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

En el desarrollo de esta investigación, el acondicionamiento de la unidad experimental se realizó en los talleres de frutas y hortalizas, mientras que la parte analítica se llevó a cabo en los laboratorios de Bromatología y Microbiología del área Agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López [ESPAM MFL], ubicada en el sitio El Limón de la ciudad de Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, que geográficamente se encuentra situada entre las siguientes coordenadas: “0°49’27” Latitud Sur, “80°10’47.2” Longitud Oeste y una Altitud de 15 m.s.n.m

3.2. DURACIÓN

Este trabajo de investigación se desarrolló en el transcurso de nueve meses a partir de la aprobación del mismo.

3.3. FACTORES EN ESTUDIO

FACTOR A: Almidón de tres variedades de yuca

FACTOR B: Tiempo de fermentación (días)

3.4. NIVELES DEL FACTOR

Los niveles de los factores A y B se presentan a continuación en la **tabla 1**.

Tabla 1.

<i>NIVELES DE LOS FACTORES</i>	
FACTOR A	FACTOR B
a ₁ : INIAP-PORTOVIEJO 650	b ₁ : 10 días
a ₂ : INIAP-PORTOVIEJO 651	b ₂ : 18 días
a ₃ : INIAP-PORTOVIEJO 652	b ₃ : 24 días

3.5. TRATAMIENTOS

En la combinación de los niveles de los factores en estudio se obtuvieron nueve

tratamientos, los cuales se especifican en la tabla 2.

Tabla 2.

COMBINACIÓN DE LOS NIVELES DE FACTORES EN ESTUDIO

TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN	DETALLE
T1	a ₁ *b ₁	INIAP-PORTOVIEJO 650 – 10 días de fermentación
T2	a ₂ *b ₁	INIAP-PORTOVIEJO 651 – 10 días de fermentación
T3	a ₃ *b ₁	INIAP-PORTOVIEJO 652 – 10 días de fermentación
T4	a ₁ *b ₂	INIAP-PORTOVIEJO 650 – 18 días de fermentación
T5	a ₂ *b ₂	INIAP-PORTOVIEJO 651 – 18 días de fermentación
T6	a ₃ *b ₂	INIAP-PORTOVIEJO 652 – 18 días de fermentación
T7	a ₁ *b ₃	INIAP-PORTOVIEJO 650 – 24 días de fermentación
T8	a ₂ *b ₃	INIAP-PORTOVIEJO 651 – 24 días de fermentación
T9	a ₃ *b ₃	INIAP-PORTOVIEJO 652 – 24 días de fermentación

Fuente: *Los autores*

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un arreglo factorial 3² analizado por un Diseño Completamente al Azar (DCA), con nueve tratamientos y tres réplicas para cada uno de estos.

3.6.1. ESQUEMA DEL ANOVA

A continuación, en la tabla 3. se presenta el esquema del análisis de varianza bifactorial A*B

Tabla 3.

ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACIÓN	GI
Total	26
Factor A	2
Factor B	2
A*B	4
Error	18

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por 27 biorreactores plásticos estacionarios. En estos recipientes se colocaron 1.5 lb de almidón nativo húmedo para cada una de las variables de yuca propuestas de acuerdo a los tratamientos planteados en la tabla 2. Todas las unidades experimentales estuvieron constituidas por 0.5% de glucosa y 0.2% de levadura US – 05, catalizadores de la fermentación.

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación se desarrollaron los siguientes procedimientos.

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN FERMENTADO

Recepción y pesaje: Se receptaron y pesaron las raíces frescas de yuca con la intención de estimar la cantidad de almidón a obtener

Selección: Se realizó la inspección y selección de las raíces de yuca para separar impurezas y eliminar las que se encontraban en mal estado.

Lavado y pelado de las raíces: Las variedades de yuca fueron lavadas con agua potable con la intención de eliminar restos de tierra e impurezas adheridas a este material vegetal. Posteriormente, se realizó un muestreo por cada variedad con la intención de realizar análisis fisicoquímicos. Finalmente fueron despojadas de la cáscara para procesos posteriores.

Rallado: En esta operación se utilizó un rallador marca INMEGAR fabricación nacional construido en acero inoxidable grado alimenticio, accionado por un motor eléctrico de 1 HP, el cual previamente fue lavado y desinfectado con agua hirviendo. Durante este proceso de rallado fue necesario adicionar agua, para la cual se estableció una relación de 1 kg de yuca y 3 L de agua bebible, con la finalidad de liberar los gránulos de almidón contenidos en las células de las raíces de la yuca.

Colado: En esta etapa del proceso se adicionó agua de bidón a la masa de yuca, para la cual se estableció una relación de 1 kg masa de yuca y 5 L de agua bebible y se realizó la separación del afrecho y de la lechada de almidón, a través de un colador de 80 mesh.

Tamizado: La lechada de almidón proveniente del colado se filtró en una malla de 120 mesh con el objeto de separar las fibras finas que pudieron pasar del colado.

Sedimentación: La lechada de almidón proveniente del proceso de tamizado fue almacenada en recipientes plásticos previamente esterilizados, donde se realizó la sedimentación, es decir, la separación de los gránulos de almidón de la suspensión acuosa.

Fermentado: En este proceso se utilizó una estufa Conterm LED donde se acondicionaron los biorreactores plásticos a una temperatura constante de 26°C. En cada envase, previamente esterilizado, se colocó 1.5 lb de almidón nativo húmedo con 4 cm de altura de agua por encima del sedimento. Previo a esto, se adicionó 0.5% de glucosa y 0.2% de levadura (US-05) activada a cada uno de los fermentadores de acuerdo a los tratamientos planteados y con la ayuda de una espátula se homogeniza la mezcla de cada unidad experimental. La fermentación se llevó a cabo durante 10, 18 y 24 días, en los cuales se fueron descartando tratamientos de acuerdo a lo planteado. Durante los días de fermentación se midieron propiedades fisicoquímicas como: pH y acidez titulable.

Desintegrado: Una vez culminado el proceso de fermentación de acuerdo a los días, se desintegró el almidón húmedo fermentado.

Secado: En esta operación se desintegró el almidón húmedo, el cual se colocó sobre una superficie plana empleando plástico negro previamente esterilizado, mismo que tuvo la función de intensificar el calor producido por el sol para un mejor secado y a su vez esterilizado. Este proceso se llevó a cabo durante 8 h hasta lograr obtener un almidón con el menor porcentaje de humedad. Esta etapa es muy importante debido a que la acción de los rayos ultravioleta mejora la propiedad funcional de capacidad de expansión del almidón.

Pulverizado y tamizado: El almidón fermentado seco fue sometido a un proceso de pulverización con la ayuda de un tamizador centrífugo marca INMEGAR, para homogeneizar la granulometría y separar fibras e impurezas que pudieran estar presentes. Previo a esta operación el producto final fue empacado y almacenado en un lugar libre de luz y humedad a una temperatura de aproximadamente 27°C

hasta su utilización.

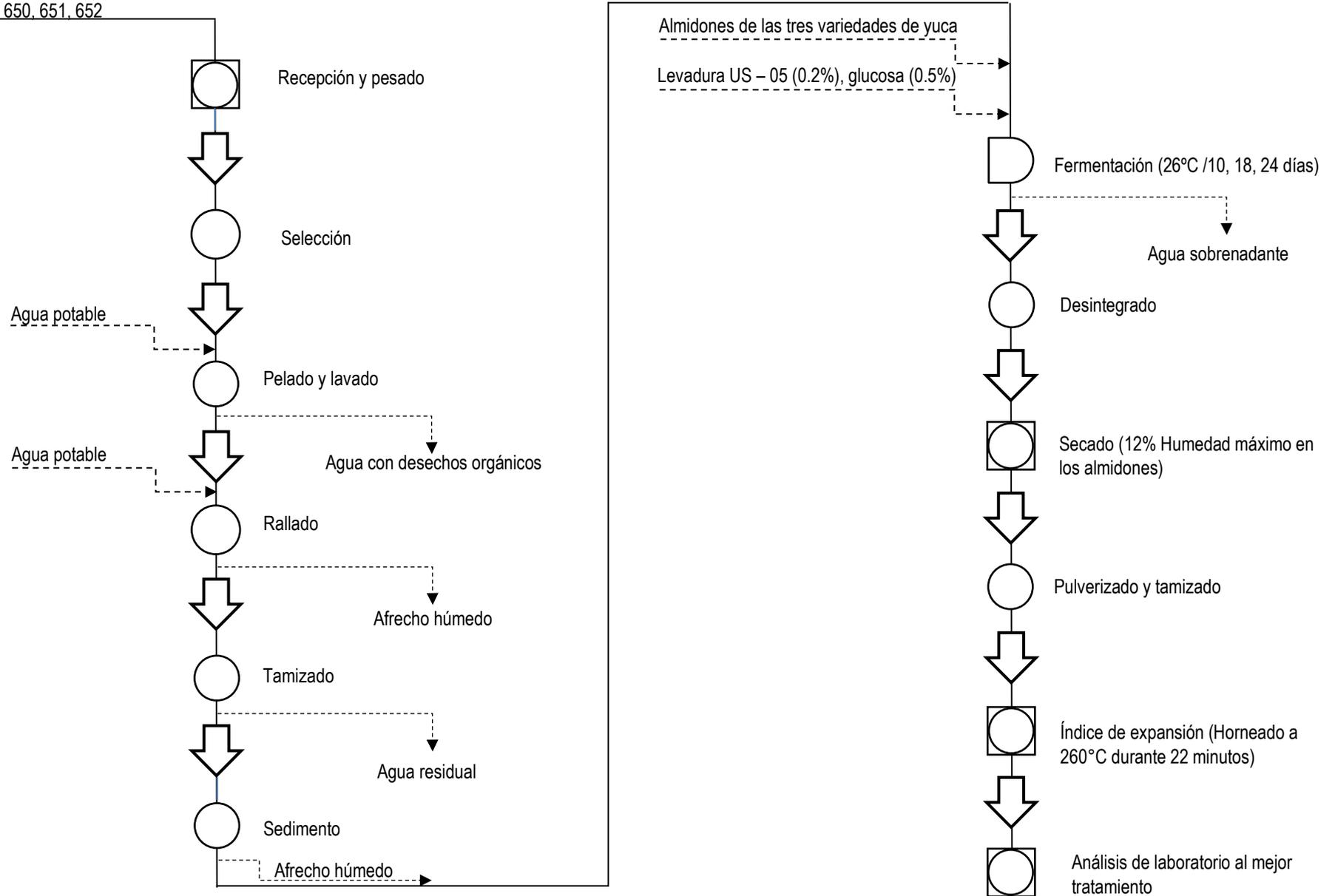
Índice de expansión: Para este procedimiento se realizaron mezclas de almidón-agua preparadas con cantidades establecidas de: 10 g de almidón fermentado y 12 mL de agua bebible. Posterior a esto, estas mezclas pasaron a ser horneadas a una temperatura de 260°C durante 22 minutos, culminado este proceso se tomó el peso y el volumen para determinar una relación volumen - peso como la medida cuantitativa final de capacidad expansiva del almidón. Una vez realizada esta actividad, el tratamiento que presentó el mayor poder de expansión fue caracterizado a nivel de laboratorio.

3.8.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL ALMIDÓN FERMENTADO

Figura 1.

DIAGRAMA DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN FERMENTADO

Material vegetal, yuca fresca INIAP-
PORTOVIEJO 650, 651, 652



3.9. VARIABLES MEDIDAS

- **Calidad fisicoquímica**

Capacidad de expansión, pH, Acidez titulable, humedad y cenizas.

- **Calidad microbiológica**

Recuento de coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras

3.10. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN

3.10.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 Y 652

Previo a la obtención del almidón, las variedades de yuca fueron sometidas a análisis fisicoquímicos de: pH, acidez titulable, humedad y cenizas, pruebas que se indican en la tabla 4.

3.10.2. DATOS TOMADOS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652

En esta etapa se realizaron análisis fisicoquímicos como: pH y acidez titulable, durante los días de fermentación establecidos: 10, 18 y 24 días (Tabla 4).

3.10.3. CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA POST FERMENTACIÓN DE ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE YUCA

Una vez que todos los tratamientos fueron sometidos al proceso de secado (al sol) hasta alcanzar un porcentaje de humedad máximo del 12%. Las pruebas de índice de expansión determinaron el mejor tratamiento, el cual fue caracterizado fisicoquímicamente mediante pruebas de: pH, acidez titulable, humedad y cenizas. Posteriormente, este tratamiento fue sometido a pruebas microbiológicas de:

Coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras.

3.11. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

La medición del índice de expansión (poder de panificación) de los tratamientos se realizó en los laboratorios de la ESPAM-MFL, para el efecto, se aplicó un método desarrollado por Fernández et al. (2002) en Colombia que permite medir la capacidad de expansión. El método consiste en hornear a 260°C durante 22 minutos una mezcla de almidón-agua preparada con cantidades establecidas de 10 g de almidón fermentado y 12 mL de agua bebible, al producto resultante se le tomó el peso y volumen para determinar una relación volumen y peso como la medida cuantitativa final de la capacidad expansiva del almidón. En la tabla 4 se detallan los métodos y técnicas utilizadas.

Tabla 4.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

UNIDAD DE ESTUDIO	ANÁLISIS	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE ENSAYO
Tratamientos	pH	Potencial de hidrogeno	Se usó un pH meter, (medidor de pH) provisto de un electrodo sensible al ion hidrógeno	NTN INEN- ISO 1842 (2013)
	Acidez titulable	% (expresado como ácido cítrico)	Basado en la neutralización de los ácidos orgánicos presentes en el almidón, expresados como ácido láctico mediante la técnica volumétrica patrón de NaOH, utilizando como indicador fenolftaleína.	NTE INEN (13) (1983)
	Humedad	%	Analíticamente a través de la pérdida de peso mediante el método de secado en estufa	NTE INEN 0464 (1980)
	Ceniza	%	Este método se basó en el uso de una mufla donde la muestra (yuca – almidón) se transforma en cenizas mediante la ignición u oxidación completa de la materia orgánica	NTE INEN 0467 (1981)

Fuente: Los autores

En cuanto a los análisis microbiológicos, posterior al proceso fermentativo, en la tabla 5 se especifican las pruebas llevadas a cabo al mejor tratamiento.

Tabla 5.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
Coliformes totales	Recuento en placa	UFC/g	-----
Mohos y levaduras	Recuento en placa	UFC/g	NTE INEN 616
<i>E. Coli</i>	Recuento en placa	UFC/g	NTE INEN 616

3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos relacionados a la capacidad de expansión, fueron presentados y ordenados en el programa Microsoft Office Excel (Microsoft Corporation, 2019). Seguidamente estos datos fueron analizados estadísticamente en el programa IBM SPSS Statistics (IBM, 2021). Para el análisis estadístico de la variable en estudio se realizaron las siguientes pruebas:

Supuesto de homogeneidad (Levene). Anova multivariante, pruebas paramétricas (análisis de varianza- Tukey al 5%), gráficos de interacción.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS VARIEDADES DE YUCA

Posterior a la obtención de almidón para las variedades de yuca INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652, estas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos con la intención de conocer ciertas características como pH y acidez titulable principalmente, que pudieran incidir en procesos posteriores como la fermentación del almidón; sin embargo, se efectuaron otros análisis como porcentaje de cenizas y humedad con la intención de obtener más información sobre estas variedades de yuca, como es el caso de la INIAP PORTOVIEJO 652 recientemente liberada por el INIAP Estación Experimental Portoviejo. En la tabla 6, se presentan los resultados promedios para estas características.

Tabla 6.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS PROMEDIOS DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650,651 Y 652

Variedades de yuca	Parámetros			
	pH	Acidez titulable (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
INIAP PORTOVIEJO 650	6.63	0.21	1.9	63.00
INIAP PORTOVIEJO 651	6.68	0.19	2.1	64.50
INIAP PORTOVIEJO 652	6.32	0.26	2.7	64.00

Fuente: Los autores

Cobeña et al. (2020), quienes lideran el Programa de Investigación de Raíces y Tubérculos del INIAP Estación Experimental Portoviejo, han realizado estudios fisicoquímicos para estas variedades de yuca, reportando rangos de 54 a 60% de humedad, 1.5 a 2.8% de cenizas, 6.02 a 7.2 de pH y 0.10 a 0.30% de acidez titulable, valores que se asemejan a los encontrados en esta investigación, sin embargo, estos mismos autores, aclaran que los porcentajes de estas características fisicoquímicas están en dependencia de la estación del año y el tipo de suelo en el que se hayan cultivado.

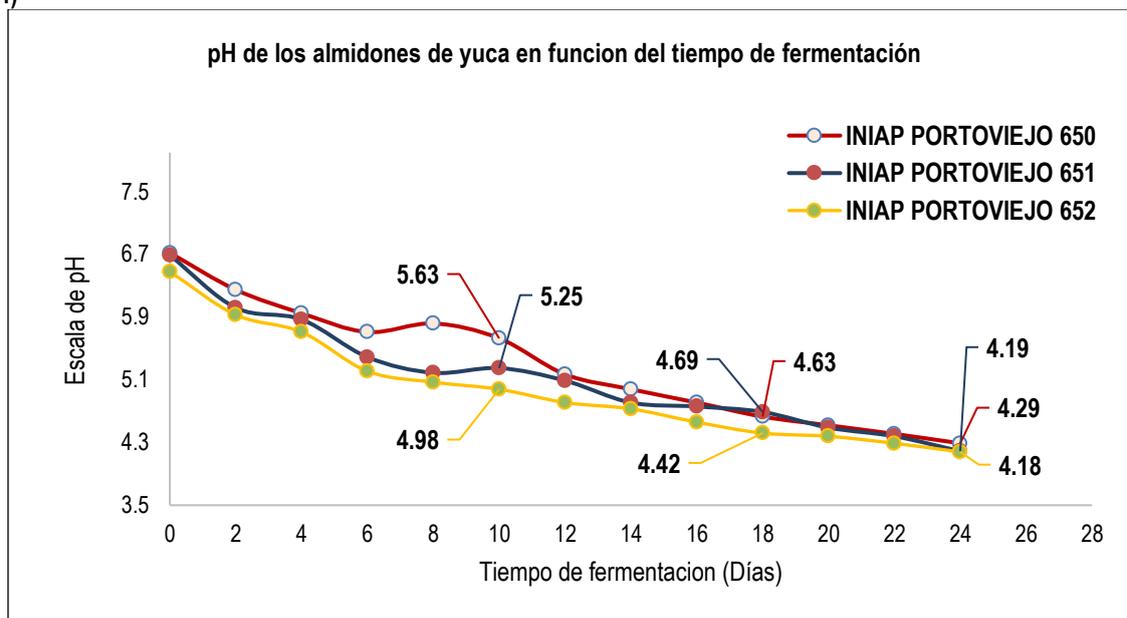
Además indican que estas características fueron medidas en época lluviosa y los cultivos se establecieron en suelos húmidos. Para la ejecución de esta investigación, se emplearon estas tres variedades de yuca, las cuales fueron donadas por este Instituto.

4.2. CINÉTICA DE ACIDIFICACIÓN DEL ALMIDÓN FERMENTADO DE LAS VARIEDADES DE YUCA INIAP PORTOVIEJO 650, 651 Y 652

En la fermentación de almidón de yuca de las variedades INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652 se midieron las características fisicoquímicas; pH y acidez titulable durante todo el proceso (ver anexo 1.A y 1.B) con la intención de ver estas características al final de los tres periodos de culminación de fermentación; 10, 18 y 24 días. Vargas (2010), en su investigación relacionada a la obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta crantz*) menciona que, el proceso de fermentación finaliza cuando el líquido sobrenadante que cubre el almidón, llega al punto ideal con un pH de entre 3.5 y 4.0, valores que concuerdan con los encontrados en esta investigación.

En la figura 6, se puede observar el descenso progresivo de esta variable, notándose que este fue más acelerado en los primeros seis días hasta alcanzar un pH mínimo de 4.18, que corresponde al almidón de yuca de la variedad INIAP PORTOVIEJO 652. En los almidones de las variedades INIAP PORTOVIEJO 650 y 651, también se dio un descenso progresivo pero menos acelerado, lo que posiblemente se deba a procesos fermentativos distintos, con mayor actividad en relación a los microorganismos exógenos propios de las materias primas post fermentación, que, según Vargas et al. (2012), se activan cuando encuentran las condiciones ideales, proceso que es propio en los almidones de yuca.

Figura 2.
DESCENSO DEL pH EN LOS ALMIDONES DE YUCA EN FUNCIÓN DE LOS DÍAS DE FERMENTACIÓN (10, 18 y 24)

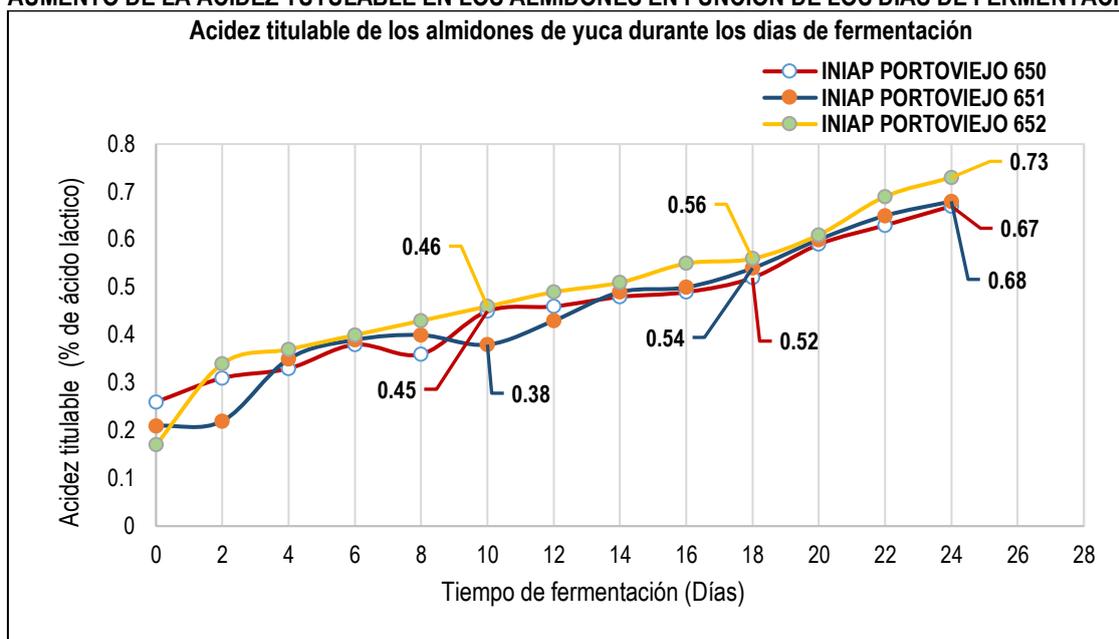


Fuente: Los autores

De acuerdo a Marcon et al. (2006) el proceso de fermentación para los almidones de yuca se caracteriza por la disminución del pH, aumento de la acidez titulable, situaciones que se presentaron de manera muy similar durante el proceso fermentativo de los almidones nativos de la variedades de yuca INIAP PORTOVIEJO 650, 651 Y 652 de los tratamientos contemplados en esta investigación, las cuales se pueden evidenciar en la figura 3, donde los porcentajes de acidez titulable aumentan a medida que el pH desciende, es por eso que la variedad de almidón de yuca INIAP PORTOVIEJO 652 al tener los menores valores de pH, alcanza mayores porcentajes de acidez titulable en relación a los almidones de las otras variedades.

Además, otro indicador de un buen proceso fermentativo es la presencia de burbujas de gas en la masa (almidón húmedo) y aparición de espuma en la superficie del agua sobrenadante, lo cual también fue característico durante el proceso fermentativo de los tratamientos de esta investigación (Ver anexo 2).

Figura 3.
AUMENTO DE LA ACIDEZ TUTULABLE EN LOS ALMIDONES EN FUNCIÓN DE LOS DÍAS DE FERMENTACIÓN



Fuente: Los autores

4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN DE LOS ALMIDONES FERMENTADOS DE YUCA

De los valores que se muestran en la tabla 3, se puede observar que, el almidón de la variedad INIAP PORTOVIEJO 652 correspondiente al tratamiento (T6) presentó las mayores capacidades de expansión en todos los días de culminación del proceso fermentativo, por lo cual se destacó como el mejor, alcanzando una capacidad de expansión de $14.83 \text{ cm}^3/\text{g}$ en 18 días de fermentación.

López (2011) quien realizó un trabajo de investigación de similares características, con almidón de yuca de las variedades: Valenciana y Brasileña en un período de 30 días de fermentación, indica que, se considera como una muy buena capacidad de expansión en el almidón cuando esta es $> 12 \text{ cm}^3/\text{g}$, buena cuando esta entre 10 y $12 \text{ cm}^3/\text{g}$, corriente entre 8 y $10 \text{ cm}^3/\text{g}$ y bajo cuando esta se sitúa entre 6 y $8 \text{ cm}^3/\text{g}$.

Aplevicz y Demiate (2007) en su investigación de almidón fermentado de yuca (*M. esculenta crantz*) en condiciones naturales con secado al sol, reportaron valores de capacidad de expansión de 13.3 y $14.1 \text{ cm}^3/\text{g}$. Lo valores declarados en esta

investigación, están en relación a lo establecido por López y concuerdan con los reportados por Aplevicz y Demiate, entonces se concluye que el almidón del T6 que alcanzó una capacidad de expansión promedio de 14.83 es de alta calidad con características funcionales para su uso en panificación.

Tabla 7.

CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DE LOS ALMIDONES EN FUNCIÓN DE LAS VARIEDADES DE YUCA Y DÍAS DE CULMINACIÓN DE FERMENTACIÓN

Días de culminación de fermentación	Tratamientos	Capacidad de expansión (cm ³ /g)		
		R ₁	R ₂	R ₃
10 días	T1: INIAP P. 650	7.5	7.8	8
	T2: INIAP P. 651	8	8	8.5
	T3: INIAP P. 652	9.2	9	9
18 días	T4: INIAP P. 650	10.8	10.5	10.7
	T5: INIAP P. 651	12.3	12.2	12
	T6: INIAP P. 652	14.5	15	15
24 días	T7: INIAP P. 650	12.5	13	12.8
	T8: INIAP P. 651	13	13.2	13
	T9: INIAP P. 652	13.3	13.2	13

Fuente: Los autores

Una vez obtenidos los datos de capacidad de expansión para los tratamientos (tabla 7) estos fueron sometidos a un análisis estadístico. En la tabla 8, se puede apreciar los factores en estudio, los cuales hacen referencia a las variedades de yuca y los días de culminación de la fermentación, así como sus niveles más los números se casos analizados.

Tabla 8.

FACTORES INTER-SUJETOS

FACTORES EN ESTUDIO	ETIQUETA DEL VALOR	N	
VARIEDADES DE YUCA	1.00	INIAP P. 650	9
	2.00	INIAP P. 651	9
	3.00	INIAP P. 652	9
	4.00	10 Días de Fermentación	9
DÍAS DE FERMENTACIÓN	5.00	18 Días de Fermentación	9
	6.00	24 Días de Fermentación	9

En la tabla 9, se presentan los resultados del supuesto de normalidad en relación a los datos de la variable dependiente (capacidad de expansión), donde se aprecia que los datos no son significativos ($p > 0.05$), es decir, los datos tienen una distribución normal.

Tabla 9.

PRUEBA DE NORMALIDAD

Variable dependiente	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Expansión del almidón cm ³ /g	0.913	27	0.76

Por otra parte, el supuesto de homogeneidad en relación a los datos de la variable dependiente, indicó que los datos no son significativos ($p > 0.05$), por lo que se distribuyen homogéneamente (Tabla 10).

Tabla 10.

PRUEBA DE HOMEGENEIDAD

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error ^a			
Variable dependiente: expansión del almidón (cm ³ /g)			
F	gl1	gl2	Sig.
1156	8	18	0.376

Como se observa en la tabla 11, existen variaciones altamente significativas ($p < 0.05$) en los efectos principales del modelo, así, el análisis indica que el factor A, relacionado a las variedades de almidón de yuca, incide sobre la capacidad de expansión ($p < 0.05$), mientras que el factor B, que refiere a los días de finalización de la fermentación, incide de igual forma sobre la variable respuesta ($p < 0.05$). En el tercer efecto, correspondiente a la interacción de ambos factores, se pueden observar diferencias significativas ($p < 0.05$), lo que indica que, el factor A y B en interacción de sus niveles, inciden sobre la capacidad de expansión de los almidones.

Tabla 11.

ANOVA DE CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DE LOS ALMIDONES (cm³/g)

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	gl	MEDIA CUADRÁTIC A	F	Sig.
Modelo	3568.420 ^a	9	396.491	5171.623	0.000
Factor A: VARIEDADES_DE_YUCA	15.523	2	7.761	101.237	0.000
Factor B: TIEMPO_DE_FERMENTACIÓN	116.074	2	58.037	757.005	0.000
Interacción: VARIEDADES_DE_YUCA * TIEMPO_DE_FERMENTACIÓN	14.008	4	3.502	45.679	0.000
Error	1.380	18	0.077		
Total	3569.800	27			

a. R cuadrado = 1.000 (R cuadrado corregida = .999)

En vista de que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los efectos del modelo estadístico, se aplicó la prueba de HSD al 5% de probabilidad de error, de este modo, en la tabla 12, el análisis para los niveles del factor A, situó a la variedad de almidón fermentado INIAP PORTOVIEJO 650 en la tercera categoría con la menor media de capacidad de expansión, mientras que la variedad de almidón INIAP PORTOVIEJO 652 se posicionó en la categoría uno con la mayor media para esta variable. De acuerdo a las exigencias de la investigación se elige la categoría uno como la mejor ya que se busca un almidón fermentado con mayor capacidad de expansión.

Tabla 12.

CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DEL ALMIDÓN (factor A)

DHS de tukey^{a,b}: Capacidad de expansión cm³/g

VARIEDADES_DE_YUCA	N	Subconjunto		
		1	2	3
INIAP Portoviejo 652	9	12.2444		
INIAP Portoviejo 651	9		11.1333	
INIAP Portoviejo 650	9			10.4000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas

En relación a los niveles del factor B, en la tabla 13, el HSD al 5% de error, demostró diferencias entre las categorías para este factor, indicando que en el día 10 de culminación de fermentación, se obtuvieron las menores medias de capacidad de expansión para los almidones de yuca, mientras que, en el día 24, se presentaron las mayores medias para esta variable; sin embargo, en el día 18 se situó el mejor tratamiento correspondiente al almidón de la variedad de yuca INIAP PORTOVIEJO 652 (ver tabla 7) por lo que se elige esta categoría como la mejor.

Tabla 13.

CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DEL ALMIDÓN (factor B)

DHS de Tukey^{a,b}: Capacidad de expansión (cm³/g)

Días	N	Subconjunto		
		1	2	3
24 Días de culminación de fermentación	9	12.8889		
18 Días de culminación de fermentación	9		12.5556	
10 Días de culminación de fermentación	9			8.3333
Sig.		1.000	1.000	1.000

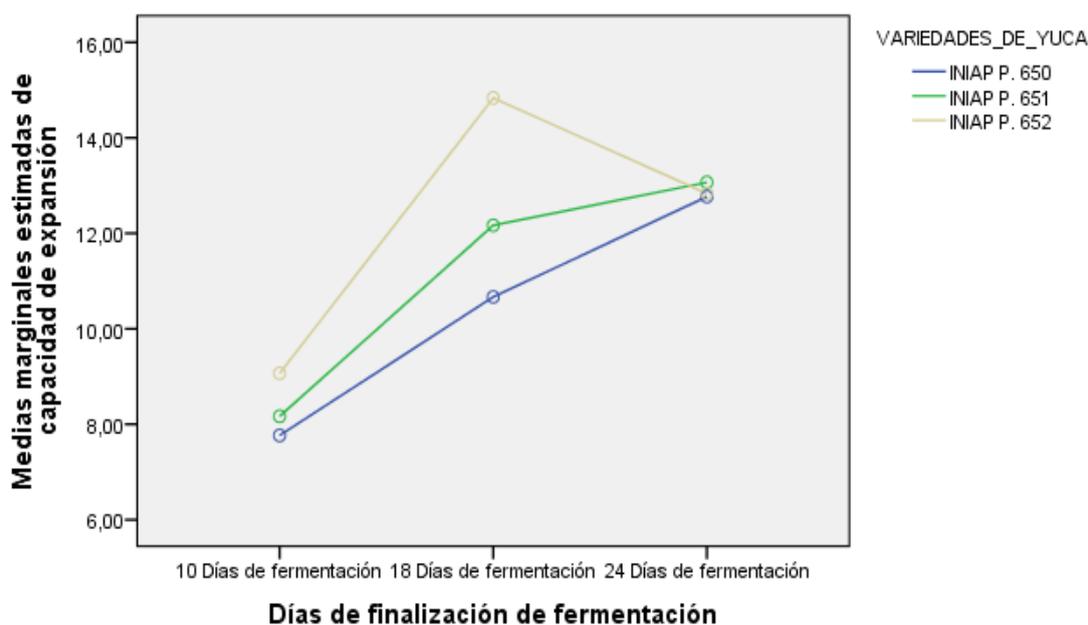
Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas.

En la tabla 11, el análisis del ANOVA indicó diferencias significativas entre los factores en estudio, es decir, la interacción de los niveles de ambos, influyeron

sobre la capacidad de expansión en los tratamientos. En la figura 4, se puede apreciar que la variedad de almidón de yuca INIAP PORTOVIEJO 652 (factor A) en el día 18 (factor B), presentó la mayor capacidad de expansión (T6). Las diferencias estadísticas de los almidones en relación a la variable de repuesta, se pueden apreciar cuantitativamente en el anexo 3, donde se puede observar diferencias estadísticas entre los contrastes de los niveles de los factores en estudio.

En la figura 4, se puede ver la interacción de ambos factores en relación a la capacidad de expansión, donde se observa que el almidón fermentado de la variedad de yuca INIAP PORTOVIEJO en el día 18 de culminación del proceso fermentativo, presentó la mayor capacidad de expansión con un valor promedio de 14.83 cm³/g

Figura 4.
INTERACCIÓN ENTRE EL FACTOR A Y B: CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DE LOS ALMIDONES (cm³/g)



Fuente: Los autores

Dos de las fases claves en el proceso de producción de almidón agrio son la del proceso fermentativo y secado directo al sol. En estas dos fases es donde se genera la capacidad de expansión que se desea en los procesos de panificación. Durante fermentación se le otorgan varias características al almidón agrio, tales como sabor, olor y textura; mientras que en el secado directo al sol, esa capacidad de expansión deseable, se atribuye a la radiación UV que proviene de la luz solar. En esta etapa, ocurre una degradación oxidativa o una despolimerización óxido –

reductora de los gránulos de almidón de yuca, las cuales se activan por radiación solar (Marcon et al., 2007).

Adicionalmente, estos mismos autores confirmaron variaciones en la capacidad de expansión, así como en las propiedades fisicoquímicas del almidón agrio, lo cual también se debe a la procedencia y variedad del cultivo de yuca. Dentro de estas características, se encuentra el contenido de almidón, y dentro de este, el contenido de amilosa y amilopectina, que a mayor porcentaje, mejor será la capacidad de expansión durante el horneado.

En esta investigación, de las tres variedades de yuca estudiadas, la variedad INIAP PORTOVIEJO 652 presenta los mayores porcentajes de almidón (30.03%), de amilosa (14.88) y de amilopectina (85.2%) según lo indica Cobeña et al. (2020), quienes lideran el Programa de Investigación de Raíces y Tubérculos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Portoviejo (INIAP), siendo posiblemente este una de las razones por las que se dio la mayor capacidad de expansión en el almidón de la variedad INIAP PORTOVIEJO 652.

También se puede indicar que otro factor que pudo influir favorablemente para que el almidón de la variedad de yuca INIAP PORTOVIEJO 652 logre esta capacidad de alto poder de expansión de acuerdo a la clasificación declarada por el investigador López (2011), fue la alta luminosidad solar presente en el día 18, la cual presentó mayor intensidad comparada con la de los días 10 y 24, situación que se puede verificar con los análisis de humedad realizados al producto final, (ver anexo 4). Cabe indicar que todos los tratamientos recibieron 8 horas de secado al sol.

Aplevicz y Demiante (2007), de estudio realizado al almidón de yuca (*M. esculenta crantz*) dedujeron que, en el proceso de secado, es probable que se dé una degradación oxidativa o bien una despolimerización oxido-reductora en el almidón, mismas que pueden ser activadas por la radiación solar (fuentes de luz visibles intensa y UV).

Estos mismos autores, señalan que en cuanto a los perfiles de las distribuciones moleculares, las moléculas de amilosa son las que se degradan por la radiación

solar UV (280 – 315 nm), mientras que ambas fracciones de amilosa y amilopectina son degradadas por la radiación UVC (100 – 280) en las regiones amorfas. Vargas et al. (2012) también indican que si se realiza el secado al sol con una intensidad solar baja se obtiene un producto con baja capacidad de expansión.

Lo mencionado por estos investigadores confirma que, la intensidad solar influyó sobre la capacidad de expansión, pero también las características fisicoquímicas (% de almidón, amilosa y amilopectina) incidieron significativamente sobre la capacidad de expansión del mejor tratamiento de esta investigación, ya que en el día 18 los almidones de las tres variedades de yuca recibieron la misma intensidad solar. Es importante también aclarar que Vargas (2010), encontró una relación entre el ácido láctico generado durante la fermentación y la capacidad de expansión del almidón agrio. Esto se asocia principalmente con derivados conocidos como lactatos que se forman durante el secado al sol.

Varios investigadores han reportado tiempos que van desde 30 hasta 60 días para la obtención de almidón fermentado, empleando fermentación natural, tales como Vargas et al. (2012) quienes obtuvieron a través de un proceso de fermentación natural por 30 días y un posterior secado al sol, almidón de yuca fermentado con una capacidad de expansión de 6.9 cm³/g, valor inferior al volumen de expansión de 14.83 cm³/g que alcanzó el almidón de la variedad INIAP PORTOVIEJO 652 en 18 días de fermentación, obtenido en esta investigación.

Se indica que en este estudio, al inicio del proceso, se enriqueció el medio fermentativo adicionando 0.5% de jarabe de glucosa y 0.2% de extracto de levadura a todos los tratamientos y se aplicó secado al sol, siendo posiblemente estos factores los principales responsables en la disminución del tiempo de fermentación y mejoran la capacidad de expansión. Esta hipótesis es confirmada por Angeloni (2004) quien a través de estudio comparativo del método tradicional y modificado con la adición de una concentración de 0.50% (p/V) de jarabe de glucosa a la suspensión de almidón nativo, demostró que podía acortar hasta en un 50% aproximadamente el tiempo de fermentación sin afectar, incluso mejorando las propiedades de expansión del almidón.

Por otra parte, Serna et al. (2017) reportaron haber alcanzado en el día 20 de fermentación de almidón nativo de yuca un volumen de expansión ideal para

panificación a través de un tratamiento al cual se le adiciona 0.75% de jarabe de glucosa y 0.70% de extracto de levadura, además informan que con este tratamiento se redujo el tiempo de fermentación en aproximadamente 50%, comparado con el tradicional que según estos investigadores requiere de 40 a 60 días para alcanzar volúmenes de expansión apropiados para panificación, es importante señalar que esta investigación se desarrolló en un ambiente natural a nivel de planta procesadora. Estos resultados nos alientan a creer que dichos sustratos contribuyen a acortar el tiempo de fermentación y al mejoramiento de la calidad del almidón fermentado.

4.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL MEJOR TRATAMIENTO DE ALMIDÓN FERMENTADO

Una vez determinado el mejor tratamiento (T6), el cual correspondió a la variedad de almidón INIAP PORTOVIEJO 652, fermentado en 18 días, este se caracterizó físicoquímica y microbiológicamente. En tabla 14, se presentan los datos de las variables de los análisis físicoquímicos, donde se puede apreciar que el almidón en base seca, obtuvo valores de pH de 4.5, acidez titulable de 3.83%, humedad de 11.12% y cenizas de 0.10%, valores semejantes a los reportados por Vargas (2010) quien caracterizó almidones de yuca Valenciana y Brasileña luego de 30 días de fermentación. Por su parte Aristizabal et al. (2007), reportó los siguientes datos para almidones fermentados: pH: 4 y 5.5; Acidez titulable: 3.5 a 4.5%; Humedad: 10 a 15%; Cenizas 0.12 a 0.15 %, valores que concuerdan con los encontrados en esta investigación.

Tabla 14.

CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL MEJOR TRATAMIENTO T6 (ALMIDÓN INIAP PORTOVIEJO 652)

TRATAMIENTO T6	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	Limite	Método de ensayo
Almidón fermentado de la variedad de yuca INIAP-PORTOVIEJO - 652	pH (Potencial de hidrogeno)	%	4.5	6.5	NTE INEN 616
	Acidez titulable	%	3.83	Máximo 3	NTE INEN 521
	Humedad	%	11.12	Máximo 14	NTE INEN-ISO 712
	Cenizas	%	0.10	Máximo 1	NTE INEN-ISO 2171

*Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616 para Harina de Trigo

**Acidez titulable máximo para harina integral de trigo

En relación a los análisis microbiológicos, en la tabla 15, se presentan los resultados

finales para el tratamiento 6, que corresponde al almidón de la variedad de yuca INIAP Portoviejo 652. Los valores reportados en esta investigación están dentro de los rangos establecidos por la normativa ecuatoriana: *coliformes totales* 1.0×10^1 UFC/g, *Escherichia coli* $<1.0 \times 10^1$ UFC/g, *mohos* $<1.0 \times 10^1$ y *levaduras* $<1.0 \times 10^1$).

Es importante mencionar que, para la obtención del almidón nativo, durante el proceso fermentativo y de secado, se aplicaron BPM, lo que permitió alcanzar bajos niveles de contaminación microbiana. Todas las superficies donde estuvo expuesto el almidón fueron previamente desinfectadas con alcohol al 70% v/v, adicional a esto, los niveles de acidez que alcanzó el almidón en la fermentación contribuyeron a la inhibición del crecimiento microbiano, de igual manera durante el secado del almidón la intensidad solar influye sobre la disminución de patógenos microbianos.

Tabla 15.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL MEJOR TRATAMIENTO T6 (ALMIDÓN INIAP PORTOVIEJO 652)

TRATAMIENTO T6	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	NORMA INEN (Limite por g)	
Almidón fermentado de la variedad de yuca INIAP- PORTOVIEJO – 652	Determinación de <i>Coliformes totales</i>	UFC/g	1.0×10^1	10^2	10^3
	Determinación de <i>Escherichia coli</i>	UFC/g	$<1.0 \times 10^1$	10	10^2
	Recuento de <i>Mohos</i>	UP/g	$<1.0 \times 10^1$	10^3	10^4
	Recuento de <i>Levaduras</i>	UP/g	$<1.0 \times 10^1$		

*(Proyecto de actualización de la RM n° 615-2003 SA/DM) Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.

** NTE INEN 1529-10:2013

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De las variedades de yuca la que presentó mejores características fisicoquímicas fue la INIAP PORTOVIEJO 652, siendo el almidón obtenido de esta variedad el que alcanzó la mayor capacidad de expansión a los 18 días de fermentación con un promedio de 14.83 cm³/g.
- Este almidón, al ser analizado microbiológicamente según normativa del Ecuador mostró niveles permisibles para el consumo humano: *coliformes totales* 1.0x10¹ UFC/g, *Escherichia coli* <1.0x10¹ UFC/g, *mohos* <1.0x10¹ y *levaduras* <1.0x10¹)
- El almidón obtenido por su alto poder de panificación se convierte en una materia prima funcional importante para usos en panificación y afines.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar otras variedades de yuca de la provincia de Manabí, para determinar la capacidad de expansión y calidad microbiológica del almidón fermentado.
- Replicar este estudio a escala piloto, para posteriormente adaptarlo a nivel de las MYPIMES dedicadas al procesamiento de yuca, lo que permitirá mejorar la calidad de expansión y microbiológica del almidón, teniendo como propósito generar valor agregado a este producto.
- Realizar un estudio de aceptación a nivel del público consumidor del pan de yuca elaborado a base de almidón fermentado.
- Determinar si la adición de glucosa y extracto de levadura al medio fermentativo del almidón nativo en diferentes niveles de concentración, contribuyen en la disminución del tiempo de fermentación y mejoran la calidad de expansión.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, F. y Dufour, D. (1998). *Almidón agrio de yuca en Colombia* (Vol. 1). (F. Motta, Ed.) Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Obtenido de <https://www.clayuca.org>
- Álava, L., Bravo, B., Zambrano, J., Zambrano, D. y Loor, R. (2017). Caracterización física y microbiológica del almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) producido en Canuto-Manabí (Ecuador). *Avances en Investigación Agropecuarias*, 21(2), 25-40. Obtenido de <http://ww.ucol.mx>
- Angeloni, M. (2004). Tesis de Mestre em Ciência dos Alimentos no Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Efeito do processo fermentativo pelo método tradicional e com adição de glicose, sobre a qualidade do polvilho azedo. Florianópolis - SC, Santa Catarina, Brasil. Obtenido de <https://repositorio.ufsc.br>
- Aristizabal, J., Sanchez, T., & Mejía, D. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN), Roma.
- Aplevicz, K., & Demiante, I. (2007). Characterization of native and modified cassava starches and their use in baked products. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 27(3), 478 - 484.
- Cárdenas, F., Pinargote, E., Moreno, V., Carreño, L. y Salavarría, C. (2015). Sistemas de secado del almidón de yuca para uso humano en una comunidad de Ecuador. *ESPAMCIENCIA*, 6(1), 31-35. Obtenido de <http://espamciencia.espam.edu.ec>
- Cobeña, G., Avellán Benny, M. A., Cañarte, B., Cárdenas, F., Zambrano, E., Navarrete, B. y Limongi, R. (2020). *Variedad de yuca INIAP PORTOVIEJO-52*. Portoviejo, Manabí, Ecuador. Obtenido de <https://www.iniap.gob.ec>

- Chiquiza, L., Montoya, O., Restrepo, C., & Orozco, F. (2016). Estudio de la Microbiota del Proceso de Producción de Almidón Agrio de Yuca. *Revista Información Tecnológica*, 27 (5), 3 - 14. doi: 10.4067/S0718-07642016000500002
- Diaz, A., Dini, C., Viña, S. y García, M. (2016). *Características fisicoquímicas y tecnológicas de almidones de mandioca fermentados*. CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), Facultad Ciencias Exactas. Córdoba: VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar>
- Esteban, R. (2018). *Mejoramiento de un proceso de fermentación de almidón de yuca a escala de laboratorio*. Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de <https://repository.icesi.edu.co>
- Fernández, A., Zakhia, N., Ruiz, R. y Trujillo, J. (2002). *Desarrollo de un método sencillo para medir la calidad del almidón agrio de yuca. Impacto del método sobre la agroindustria rural en el Departamento del Cauca (Colombia)*, 9. Cali, Colombia. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org>
- García, C., Hernández, F. y García, M. (2016). Comportamiento reológico de almidón de yuca fermentado. *Vitae*, 23, 599-603. Obtenido de <https://search.proquest.com>
- García, J. y Muñoz, J. (2018). *Elaboración de una propuesta para el mejoramiento del proceso de extracción de almidón de achira a través de las buenas prácticas en fosca Cundinamarca.*, 3-6. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co>
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia Tecnología y Alimentos*, 28(3), 718-726. Obtenido de <https://www.scielo.br>

- Hinostroza, F., Cárdenas, F., Álvarez, H. y Cobeña, G. (1998). INIAP-Portoviejo 651: Variedad de yuca para la producción de almidón. *Plegable s/n.in*, 2. Portoviejo, Manabí, Ecuador: Portoviejo, EC: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, 1998. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec>
- IBM. (2021). *IBM SPSS software*. Obtenido de <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación experimental Portoviejo. (1992). Plegable. INIAP-Portoviejo 650 una variedad de yuca para procesamiento, 2. Portoviejo, Manabí, Ecuador: Portoviejo, EC: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Raíces y Tubérculos Tropicales, 1992. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1199>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. (1994). Estación Experimental Portoviejo. *Características de calidad de la yuca y sus derivados*. Portoviejo, Manabí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1115>
- Jiménez, E. y Martínez, S. (2016). “*Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad guayape*”, 11. Lambayeque, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe>
- López, J., Rodríguez, E. y Sepúlveda, J. (2012). Evaluación de características físicas y texturales de pandebono. *Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia*, 001- 013. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co>
- López, R. (2011). Pregrado. *Efecto de la fermentación y el secado sobre la obtención de almidón agrio a partir de dos variedades de yuca (Manihot esculenta)*. Facultad de ciencias agroalimentarias. Escuela de tecnología de alimentos - Costa Rica.
- Marcon, M., Vieira, G., De Simas, K., Santos, K., Vieira, M., Amboni, R., & Amarre,

- E. (2007). Effect of the improved fermentation on physicochemical properties and sensorial acceptability of sour cassava starch. *Biología Archives of Biology and Technology*, 56(6), 1073 - 1081.
- Marcon, M., Vieira, M., Santos, K., Simas, K, Dias De Mello Castano Amboni, R., & Amante, E. (2006). The effect of fermentation on cassava starch microstructure. *Revista Journal of food Process Engineering*, 29, 362 - 372.
- Medina, J. y Salas, J. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes*, 27-33. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>
- Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia*, (8), 57-67. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>
- Microsoft Corporation. (2019). *Microsoft Excel*. Obtenido de <https://www.microsoft.com/es-ww/microsoft-365/excel>
- Miranda, J. (2014). *Evaluación del efecto de Lactobacillus casei y de la mezcla de cepas ácidos lácticas (Streptococcus thermophilus y Lactobacillus delbrueckii ssp. Bitidobacterium) sobre las propiedades funcionales del almidón agrio de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://issuu.com>
- NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 0467. (1981). *Determinación de las cenizas*. Ecuador. Obtenido de <https://archive.org>
- NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 13. (1983). *Determinación de la Acidez Titulable*. Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>
- NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placas por siembra en profundidad*. Ecuador. Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1529-8. (2016). *Control microbiológico de los alimentos. Detección y recuento de Escherichia Coli presuntiva por la técnica del número más probable*. Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana)- ISO 1842. (2013). *Productos Vegetales y de Frutas- Determinación de pH (IDT)*. ECUADOR. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>

NTN INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 0464. (1980). *Determinación de la pérdida de humedad por calentamiento*. Obtenido de <https://archive.org>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 0467. (1981). *Determinación de las cenizas*. ECUADOR. Obtenido de <https://archive.org/>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 13. (1983). *Determinación de la Acidez Titulable*. ECUADOR. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placas por siembra en profundidad*. ECUADOR. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1529-8. (2016). *Control microbiológicos de los alimentos. Detección y recuento de Escherichia Coli presuntiva por la técnica del número más probable*. ECUADOR. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>

NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana)- ISO 1842. (2013). *Productos Vegetales y de Frutas- Determinación de pH (IDT)*. ECUADOR . Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>

- NTN INEN (Norma técnica Ecuatoriana) 0464. (1980). *Determinación de la Perdida por Calentamiento*. Obtenido de <https://archive.org/>
- Pizarro, M., Sacher, T., Ceballos, H. y Morante, N. (2016). *Diversificación de los almidones de yuca y sus posibles usos en la industria alimentaria*, 37(2). Cali, Colombia. Obtenido de <https://revistapolitecnica.epn.edu.ec>
- Quintero, V., Giraldo, G. y Juan, L. (2012). Modificación del almidón de yuca por *A. niger*. *Vitae, Universidad de Antioquia*, 19(1), 177-179. Obtenido de <https://www.redalyc.org>
- Rincón, L. y Villamil, F. (2005). *Obtención y Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica Del Almidón Agrio Para El Mejoramiento del proceso de fermentación*. (E. D. Universidad Industrial de Santander, Ed.) Santander, Colombia. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co>
- Sánchez, A. (2019). Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Determinación del tiempo óptimo de fermentación para la obtención de almidón agrio a partir de yuca (Manihot esculenta, Crantz) variedad señorita en la región Ucayalí*. Pucallpa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe>
- Serna, T., Contreras, Y., Lozano, M., Salcedo, J. y Hernández, J. (2017). Variación del método de secado en la fermentación espontánea del almidón nativo de yuca. *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 15(1), 50-67. Obtenido de <http://revistas.unipamplona.edu.co>
- Sciarini, L., Steffolani, M. y León, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *AgriScientia*, 33(2), 61-74. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar>
- Usuga, C. (2017). Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Evaluación del efecto del tipo de fermentador sobre las características de calidad del*

almidón agrio de yuca. Medellín, Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/57805/1/43638358.2017.pdf>

Vargas, P. (2010). Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*M. esculenta crantz*) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería. *Tecnología en Marcha*, 23(3), 15-23. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es>

Vargas, P., Araya, Y., López, M. y Bonilla, A. (2012). Características de calidad y digestibilidad in vitro del almidón agrio de yuca (*M. esculenta*) producido en Costa Rica. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 1-13. Obtenido de <http://www.sidalc.net/cgi-bin>

ANEXO

Anexo 1 A. Medición de pH en función del tiempo de fermentación



ESPAM MFL
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"			
REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
ESTUDIANTES	Raúl Murillo Loor Vicente Ruiz Chévez	C.I	130918108 - 7 130344089 - 3
DIRECCIÓN	Calceta	Nº DE ANÁLISIS	-
TELÉFONO	986773893	FECHA DE RECIBIDO	14/04/2021
NOMBRE DE LA MUESTRA	Almidón fermentado de las variedades de yuca INIAP PORTOVIEJO 650,651 y 652	FECHA DE ANÁLISIS	Inicio: 14/04/2021 Fin: 26/05/2021
CANTIDAD RECIBIDA	27 muestras de almidón fermentado con 0,68 kg por cada una (9 tratamientos con tres replicas por cada uno)	FECHA DE MUESTREO	15/04/2021
OBJETIVO DEL MUESTREO	Análisis fisicoquímicos	FECHA DE REPORTE	28/05/2021
OBSERVACIONES	Los laboratorios donde se realizan los análisis son responsables por ellos		

Resultados de pH y acidez titulable (% de ácido láctico) en función del tiempo de fermentación de almidón de yuca de las variedades INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652

DÍAS DE FERMENTACIÓN	pH (Potencial de Hidrogeno)		
	INIAP PORTOVIEJO 650	INIAP PORTOVIEJO 651	INIAP PORTOVIEJO 652
0	6,72	6,69	6,48
2	6,25	6,02	5,93
4	5,95	5,87	5,71
6	5,71	5,39	5,21
8	5,82	5,19	5,07
10	5,63	5,25	4,98
12	5,17	5,09	4,81
14	4,98	4,81	4,73
16	4,81	4,76	4,56
18	4,63	4,69	4,42
20	4,52	4,49	4,38
22	4,41	4,38	4,29
24	4,29	4,19	4,18

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"



ANEXO 1 B. Medición del porcentaje de acidez (ácido láctico) en función de tiempo de fermentación

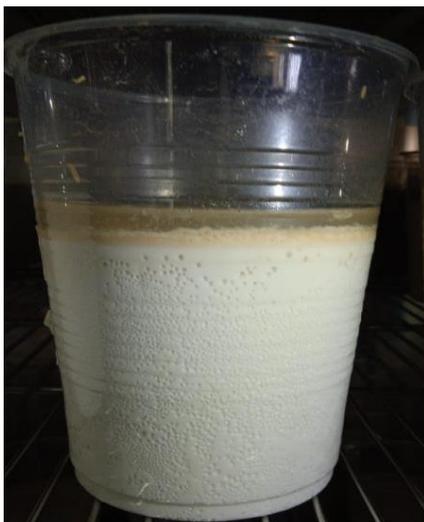
Días de fermentación	% de acidez titulable (expresada como ácido láctico)		
	INIAP PORTOVIEJO 650	INIAP PORTOVIEJO 651	INIAP PORTOVIEJO 652
0	0,26	0,21	0,17
2	0,31	0,22	0,34
4	0,33	0,35	0,37
6	0,38	0,39	0,4
8	0,36	0,4	0,43
10	0,45	0,38	0,46
12	0,46	0,43	0,49
14	0,48	0,49	0,51
16	0,49	0,5	0,55
18	0,52	0,54	0,56
20	0,59	0,6	0,61
22	0,63	0,65	0,69
24	0,67	0,68	0,73



Jorge Teca Delgado
Ing. Jorge Teca Delgado
ANALISTA DEL LAB. DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"

Anexo 2. Características inherentes de la fermentación de almidón de yuca



Anexo 3. Interacción entre el factor A y B

Comparaciones por pares							
Variable dependiente: capacidad de expansión cm ³ /g							
Días de fermentación	(I)VARIEDADES DE_YUCA	(J)VARIEDADES DE_YUCA	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^b	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
10 Días	INIAP P. 650	INIAP P. 651	-,400	,226	,281	-,997	,197
		INIAP P. 652	-1,300*	,226	,000	-1,897	-,703
	INIAP P. 651	INIAP P. 650	,400	,226	,281	-,197	,997
		INIAP P. 652	-,900*	,226	,003	-1,497	-,303
	INIAP P. 652	INIAP P. 650	1,300*	,226	,000	,703	1,897
		INIAP P. 651	,900*	,226	,003	,303	1,497
18 Días	INIAP P. 650	INIAP P. 651	-1,500*	,226	,000	-2,097	-,903
		INIAP P. 652	-4,167*	,226	,000	-4,763	-3,570
	INIAP P. 651	INIAP P. 650	1,500*	,226	,000	,903	2,097
		INIAP P. 652	-2,667*	,226	,000	-3,263	-2,070
	INIAP P. 652	INIAP P. 650	4,167*	,226	,000	3,570	4,763
		INIAP P. 651	2,667*	,226	,000	2,070	3,263
24 Días	INIAP P. 650	INIAP P. 651	-,300	,226	,603	-,897	,297
		INIAP P. 652	-,067	,226	1,000	-,663	,530
	INIAP P. 651	INIAP P. 650	,300	,226	,603	-,297	,897
		INIAP P. 652	,233	,226	,947	-,363	,830
	INIAP P. 652	INIAP P. 650	,067	,226	1,000	-,530	,663
		INIAP P. 651	-,233	,226	,947	-,830	,363

Basadas en las medias marginales estimadas.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

b. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

Anexo 4. Porcentaje de humedad de los almidones posterior al secado

Almidones fermentados (base seca)	Análisis de humedad		
	humedad (%)		
	10 días de fermentación	18 días de fermentación	24 días de fermentación
INIAP PORTOVIEJO 650	14,45	13,33	13,98
INIAP PORTOVIEJO 651	14,23	13,36	13,91
INIAP PORTOVIEJO 652	14,1	13,12	13,87

Anexo 5. Capacidad de expansión de los almidones

ESPAMMFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FÉLIX LÓPEZ

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"			
REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
ESTUDIANTES	Raúl Murillo Loor Vicente Ruiz Chévez	C.I	130918108 - 7 130344089 -3
DIRECCIÓN	Calceta	Nº DE ANÁLISIS	-
TELÉFONO	986773893	FECHA DE RECIBIDO	27/05/2021
NOMBRE DE LA MUESTRA	Almidón fermentado seco de las variedades de yuca INIAP PORTOVIEJO 650, 651 y 652	FECHA DE ANÁLISIS	Inicio: 27/05/2021 Fin: 28/05/2021
CANTIDAD RECIBIDA	9 muestras de almidón seco fermentado con 300 g cada una	FECHA DE MUESTREO	27/05/2021
OBJETIVO DEL MUESTREO	Análisis funcional/ capacidad de expansión	FECHA DE REPORTE	28/05/2021
OBSERVACIONES	Los laboratorios donde se realizan los análisis son responsables por ellos		

Capacidad de expansión de los almidones en función de las variedades de yuca y días de culminación de fermentación

Días de culminación de fermentación de las variedades de almidón	Tratamientos	Capacidad de expansión (cm ³ /g)		
		R ₁	R ₂	R ₃
10 días	T1: INIAP P. 650	7.5	7.8	8
	T2: INIAP P. 651	8	8	8.5
	T3: INIAP P. 652	9,2	9	9
18 días	T4: INIAP P. 650	10.8	10.5	10.7
	T5: INIAP P.651	12.3	12.2	12
	T6: INIAP P. 652	14.5	15	15
24 días	T7: INIAP P. 650	12.5	13	12.8
	T8: INIAP P. 651	13	13.2	13
	T9: INIAP P. 652	13.3	13.2	13

Ing. Jorge Teca Delgado
ANALISTA DEL LAB. DE BROMATOLOGÍA



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"

Anexo 6. Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM "MFL"			
REPORTE DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS			
ESTUDIANTES	Raúl Murillo Loor Vicente Ruiz Chévez	C.I	130918108 - 7 130344089 - 3
DIRECCIÓN	Calceta	N° DE ANÁLISIS	-
TELÉFONO	986773893	FECHA DE RECIBIDO	31/05/2021
NOMBRE DE LA MUESTRA	Almidón fermentado de la variedad de yuca INIAP PORTOVIEJO 652	FECHA DE ANÁLISIS	Inicio: 31/05/2021 Fin: 2/06/2021
CANTIDAD RECIBIDA	1 muestra de almidón seco fermentado (200 g)	FECHA DE MUESTREO	31/05/2021
OBJETIVO DEL MUESTREO	Análisis fisicoquímicos	FECHA DE REPORTE	3/06/2021
OBSERVACIONES	Los laboratorios donde se realizan los análisis son responsables por ellos		

Análisis fisicoquímicos de almidón seco fermentado de la variedad INIAP PORTOVIEJO 652

TRATAMIENTO T6	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
Almidón fermentado de yuca de la variedad INIAP- PORTOVIEJO - 652	pH (Potencial de hidrógeno)	---	4.5
	Acidez titulable	%	3.83
	Humedad	%	11.12
	Cenizas	%	0.10

Ing. Jorge Teca Delgado
ANALISTA DEL LAB. DE BROMATOLOGÍA



Anexo 7. Calidad microbiológica del mejor tratamiento

REPÚBLICA DEL ECUADOR



ESPAMMFL
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ
 Ley 2006 – 49 Suplemento R.O. 298 – 23 – 06 – 2006
 CALCETA – ECUADOR



REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		Página 1 de 1	
CLIENTE:	Vicente Sebastián Ruíz Chévez Raúl Clemente Murillo Loor	Nº DE ANÁLISIS:	4
DIRECCIÓN:	Portoviejo – MANABÍ	Fecha de recibido:	20/04/2021
TELÉFONO:	0986773893	Fecha de análisis:	20/04/2021
NOMBRE DE LA MUESTRA:	“Almidón de yuca de la variedad INIAP- Portoviejo - 652”	Fecha de reporte:	24/04/2021
CANTIDAD RECIBIDA:	1	Fecha de muestreo:	20/04/2021
TIPO DE ENVASE:	Recipiente plástico de 200 g de capacidad	Método de muestreo:	NTE INEN 1529-2
OBSERVACIONES:	El laboratorio no se responsabiliza por la recolección y el traslado de la muestra.	Responsables del muestreo:	Investigador
OBJETIVO DEL MUESTREO:	Control de calidad		

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	PRUEBAS SOLICITADAS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
INIAP- P - 652	Determinación de <i>Coliformes totales</i>	UFC/g	1,0x10 ¹	AOAC método oficial 991.14
	Determinación de <i>Escherichia coli</i>	UFC/g	*<1,0x10 ¹	
	Recuento de <i>Mohos</i>	UP/g	**<1,0x10 ¹	AOAC Método oficial 997.02
	Recuento de <i>Levaduras</i>	UP/g	**<1,0x10 ¹	

*<1,0x10¹: En una serie de tres (3) placas examinadas no contienen unidades formadoras de colonias (UFC)

**<1,0x10¹: En una serie de tres (3) placas examinadas no contienen unidades propagadoras (UP)

Nota:

Resultados validos únicamente para las muestras analizadas y, no para otros productos de la misma procedencia.
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe.

Ing. Mario López Vera, M.Sc.
TÉCNICO LAB. DE MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL ÁREA AGROINDUSTRIAL

OFICINAS CENTRALES:
 10 de agosto No. 82 y Granda Centeno
 Telef: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134

www.espam.edu.ec
rectorado@espam.edu.ec

CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA
 Sitio El Limón
 Telef: 593 05 686103