

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Escuela de Biología**  
**Departamento de Tecnología de Alimentos**



**Caracterización fisicoquímica y evaluación de la calidad e inocuidad microbiológica de cuatro variedades de mapuey (*Dioscorea trifida*) y sus productos (almidón nativo y almidón modificado), provenientes del estado Amazonas y del estado Sucre**

TESIS ESPECIAL DE GRADO.

Presentado por *Br. Ingrid. K. Smith. Q.* ante la ilustre Universidad Central de Venezuela como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología mención Tecnología de Alimentos

Tutora:

Pérez Elevina

Abril de 2010.

Caracas-Venezuela.

## RESUMEN

El mapuey (*Dioscorea trifida*), tubérculo nativo de América tropical y apreciado por su sabor y fina textura, ha sido poco explotado en Venezuela. Al darle valor agregado, por ejemplo la obtención de almidón es un ingrediente, potencial para el desarrollo de numerosos productos. Por otro lado, poco se ha estudiado de la flora microbiana presente en estos tubérculos y sus productos. En este trabajo se evaluó la calidad e inocuidad microbiológica de cuatro variedades de mapuey (*D. trifida*), tres de las cuales eran procedentes del estado Amazonas, y una del estado Sucre. Los almidones de las variedades de mapuey fueron obtenidos mediante extracción acuosa y deshidratación respectivamente. Asimismo se midieron los parámetros fisicoquímicos, tales como actividad de agua (aW), acidez y pH, siguiendo los métodos oficiales. En cuanto a la morfología y tamaño de las variedades de mapuey, no se encontraron diferencias significativas lo cual indicó que hay similitud (excepto por el color) en cuanto a las muestras de mapuey blanco y mapuey morado. En relación a la microbiología asociada a estos tubérculos, se encontró que hay una alta incidencia de aerobios mesófilos en la pulpa de mapuey blanco comercial, en relación a las demás muestras de mapuey analizadas, lo cual pudiese ser atribuido a las condiciones de riego, cultivo o de almacenamiento. La incidencia de *Bacillus cereus* sobre las muestras de mapuey estuvo por debajo de 100UFC/g, por lo que no se pudo detectar por el método de siembra en superficie. Y en lo que respecta a la comparación de la microflora procedente del proceso de deshidratación, se encontró que hay diferencias significativas entre las muestras de mapuey y la muestra de almidón de yuca

algodonado proveniente de Colombia, así también se encontró que hay diferencias en cuanto a los parámetros fisicoquímicos evaluados en las variedades de mapuey y la yuca aldonada.

**Smith, I. (2010). Caracterización y evaluación de la calidad e inocuidad microbiológica de mapueyes (*Dioscorea trifida*) y sus productos.**

*A Dios y a mis padres.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecerle Dios, por todo el soporte, sostén cuidado, consuelo, ánimo que me impartiste durante mi estadía en la UCV. Gracias porque como todos, o la mayoría de los inicios de cada etapa tienden a ser difíciles, pude ver tu mano sobre mí.

Gracias papá y mamá por toda la colaboración y apoyo que me brindaron todos estos años, no tengo palabras para agradecerles toda su dedicación, aún cuando intentase pagarles por todo lo que han hecho por mí, me faltarían días de vida para agradecerles el cumplido. Los amo y esta etapa que está por culminar va dedicada a ustedes.

Quiero agradecer a mi hermana y cuñado por toda la ayuda que hasta ahora me han brindado. Gracias hermana por impulsarme siempre a cumplir mis sueños. Gracias enormemente por todos tus consejos y regaños que me han sido de mucha utilidad. Y por último quiero agradecerles a ustedes dos, por la inmensa bendición y alegría que esta por llegar a mi vida, mi sobrinita, quien ha de traer más color y regocijo a nuestra familia.

A mi profesora Elevina, que ha sido para mí un ejemplo a seguir. Entre otras virtudes que se pueden imitar de usted, elijo la humildad, aún no alcanzo a entender cómo una persona que ha cosechado tantos éxitos, se mantiene con tanta sencillez, eso es digno de admirar. Gracias por todo su apoyo.

De igual manera quiero agradecer al Sr. Cesar, porque a través de sus charlas y consejos que fueron tan gratificantes, pude darme cuenta que aún cuando en este mundo se va enfriando el amor, aún queda gente desinteresada, cuyas virtudes vale la pena emular. Se le quiere y estima muchísimo.

A la profesora Carolina Palomino, quien ha sido más que una profesora para mí. Gracias porque aunque no le correspondía estar conmigo en el laboratorio, usted fue de gran ayuda en el desarrollo de la parte experimental de este trabajo. Se le quiere y siempre mantendré presente todo lo que usted hizo por mí.

Quiero agradecer enormemente a la profesora Zurima González, quien a través de sus observaciones me enseñó a darle un toque más científico a este trabajo. Gracias.

Agradezco a mis amigas Mildred y María Julieta, por todo el apoyo que me brindaron y me siguen brindando. Gracias por estar cerca, y porque simplemente su amistad es un refugio en medio de la tormenta. Se les quiere.

Agradezco a Any Quintero, por ser una excelente compañera de estudio, gracias por toda tu colaboración.

Agradezco a todas las personas que de alguna u otra forma contribuyeron para que culminase de manera exitosa esta etapa. Nombrarlos a todos sería muy difícil. Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	13
ANTECEDENTES.....	16
OBJETIVOS.....	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES.....	7
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Composición porcentual del mapuey morado ( <i>D. trifida</i> ).....	21
<b>Tabla II.</b> Composición proximal de dos variedades de mapuey ( <i>D. trifida</i> ).....	21
<b>Tabla III.</b> Dimensiones físicas de las variedades de mapueyes.....	46
<b>Tabla IV.</b> Análisis de varianza de una vía, Efecto de la variedad de mapuey sobre el largo de los mismos.....	46
<b>Tabla V.</b> Análisis de varianza de una vía. Efecto de las variedades de mapuey sobre el ancho de las mismas.....	47
<b>Tabla VI.</b> Análisis de varianza de una vía. Efecto de las variedades de mapuey sobre el peso de las mismas.....	48
<b>Tabla VII.</b> Mediciones de la actividad de agua (aW) realizadas en las cuatro variedades de mapueyes ( <i>D. trifida</i> ).....	50
<b>Tabla VIII.</b> Composición química de las cuatro variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado).....	51
<b>Tabla IX.</b> Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos .....	52
<b>Tabla X.</b> Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre el porcentaje de acidez.....	53
<b>Tabla XI.</b> Incidencia de coliformes totales y fecales en la pulpa de las cuatro variedades de mapuey.....	56
<b>Tabla XII.</b> Incidencia de coliformes totales y fecales en el almidón nativo de las cuatro variedades de mapuey.....	56
<b>Tabla XIII.</b> Incidencia de coliformes totales y fecales en el almidón fermentado de las cuatro variedades de mapuey y en el almidón de yuca algonado.....	56
<b>Tabla XIV.</b> Composición microbiológica de las cuatro variedades de mapuey y sus productos.....	57
<b>Tabla XV.</b> Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de mohos y levaduras.....	58
<b>Tabla XVI.</b> Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de aerobios mesófilos.....	59



<b>Tabla XVII.</b> Composición microbiológica de los cuatro productos fermentados de mapuey y del almidón fermentado de yuca aldonada.....	64
<b>Tabla XVIII.</b> Análisis de varianza. Efecto de los almidones fermentados sobre el pH.....	64
<b>Tabla XIX.</b> Análisis de varianza. Efecto de los almidones fermentados sobre el porcentaje de acidez.....	65
<b>Tabla XX.</b> Análisis de varianza. Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de mohos y levaduras...	66
<b>Tabla XXI.</b> Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de aerobios mesófilos.....	67
<b>Tabla XXII.</b> Análisis de varianza. Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de las bacterias ácido lácticas.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura I.</b> Vista externa e interna de mapueyes de diferentes colores.....	20
<b>Figura II.</b> Almidones de <i>Dioscorea trifida</i> vistos por microscopio electrónico de barrido y microscopía óptica.....	22
<b>Figura III.</b> Esquema que señala los pasos seguidos para la extracción del almidón.....	30
<b>Figura IV.</b> Metodología seguida para la determinación de mohos y levaduras....	32
<b>Figura V.</b> Tabla del Número más probable aplicada en las cuatro variedades de <i>D. trifida</i> y en la muestra de almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> fermentado).....	34
<b>Figura VI.</b> Esquema seguido para la determinación de coliformes totales y fecales.....	35
<b>Figura VII.</b> Esquema seguido para la determinación de los aerobios mesófilos..	37
<b>Figura VIII.</b> Esquema seguido para la determinación de <i>B. cereus</i> .....	39
<b>Figura IX.</b> Metodología seguida para la determinación de las bacterias ácido lácticas.....	42
<b>Figura X.</b> Metodología seguida para la determinación de acidez y pH en cada una de las muestras de mapuey y sus productos.....	43
<b>Figura XI.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el largo.....	47
<b>Figura XII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el ancho.....	48
<b>Figura XIII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el peso.....	49

<b>Figura XIV.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre el pH.....	52
<b>Figura XV.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre el porcentaje de acidez.....	53
<b>Figura XVI.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de mohos y levaduras.....	58
<b>Figura XVII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de aerobios mesófilos.....	59
<b>Figura XVIII.</b> Incidencia de aerobios mesófilos en cada una de las variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado).....	60
<b>Figura XIX.</b> Incidencia de mohos y levaduras en cada una de las variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado).....	60
<b>Figura XX.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: Productos (almidones fermentados) sobre el pH.....	65
<b>Figura XXI.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: Productos (almidones fermentados) sobre la acidez.....	66
<b>Figura XXII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de mohos y levaduras.....	67
<b>Figura XXIII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de aerobios mesófilos.....	68
<b>Figura XXIII.</b> Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de las bacterias ácido lácticas.....	69
<b>Figura XXIV.</b> Muestras de mapuey provenientes del Amazonas.....	82

<b>Figura XXV.</b> Extracción y purificación del almidón de mapuey blanco comercial.....	82
<b>Figura XXVI.</b> Especies de <i>Bacillus</i> spp. encontradas de los almidones de mapuey.....	82
<b>Figura XXVII.</b> Mohos y levaduras presentes en la pulpa de las variedades de mapuey.....	83

## INTRODUCCIÓN

Las raíces y tubérculos ocupan el segundo lugar de importancia en los países tropicales y presentan mayores desventajas a la hora de cultivar en comparación con la yuca (Martin y col., 1978). Son rubros perecederos, porque poseen un alto contenido de humedad y una alta actividad metabólica después de la cosecha (Pérez, 2000). En los últimos años, los países desarrollados han experimentado un descenso en las pérdidas postcosecha de las papas, ya que han desarrollado sistemas de almacenamiento controlando tanto la temperatura, como la humedad. No obstante, en los países tropicales la temperatura y la humedad son elevadas y el almacenamiento generalmente no es controlado, por lo que las pérdidas son elevadas (Pérez., 2000).

Asimismo estos rubros constituyen una fuente potencial de harina y de almidón, que aún no han tenido un buen aprovechamiento industrial, con lo cual se disminuirían las pérdidas post cosechas.

El género *Dioscorea* spp., es muy amplio, alrededor de 60 especies son comestibles, pero tan sólo diez de éstas se les considera tubérculos cultivables (Martin y col.,1978). Este género se encuentra representado por especies de gran importancia económica que se cultivan en regiones lluviosas del trópico, aunque hay especies de regiones subtropicales y aún templadas (Castro., 1974).

Como las raíces y tubérculos son cultivadas en el suelo, la microflora presente en éstos, dependerá, si el suelo donde fueron cultivados estuvo contaminado, si las condiciones de riego fueron adecuadas y si las condiciones de almacenamiento fueron óptimas. Por otro lado, en lo referente a la flora microbiana presente en el almidón de *D.trifida*, ésta debería disminuir, ya que en su extracción se realizan una serie de pasos de lavado y deshidratación, que ayudan a disminuirla.

Mundialmente la industria de almidón y de harinas ha estado limitada a unos pocos cultivos tradicionales como el maíz, la papa, el trigo, el arroz y la yuca. Es debido a esto que la industria debe amplificar y diversificar la utilización de los recursos alimenticios locales. Una manera de lograrlo es produciendo y explotando productos provenientes de fuentes no convencionales, como el mapuey (*D.trifida*), el cual tiene un alto potencial alimentario, es de fácil cultivo y producción económica (Rachaed y col., 2006).

A partir del mapuey se pueden obtener harinas y almidones que podrían ser sustitutos parciales o totales en la elaboración de productos alimenticios, representando esto una alternativa de uso, ya sea en forma directa o como ingrediente en la formulación de alimentos (Rachaed y col., 2006).

Los almidones pueden ser sometidos a diferentes procesos industriales, con lo que se persigue principalmente transformarlo y preservarlo a un bajo costo energético y tecnológico, obteniéndose un producto final con propiedades sensoriales únicas. Entre estos procesos destaca, la fermentación, que involucra el desarrollo de una microflora. Muy poca información se encuentra en la literatura

en relación a estos tópicos, ya que son muy escasos los estudios que se han desarrollado en esta área. Con este trabajo se persigue principalmente, evaluar la calidad e inocuidad microbiológica de cuatro variedades de mapuey (*D.trifida*) y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado). También se pretende evaluar la microflora desarrollada por efecto del proceso de fermentación.

## ANTECEDENTES

### **Taxonomía y variedades botánicas del genero *Dioscorea***

Los raíces y tubérculos pertenecen a la clase de alimentos que básicamente proveen energía en la dieta humana forma de hidratos de carbono (León., 2010) El término raíces y tubérculos se refiere a cualquier planta en crecimiento que almacene material comestible en raíces subterráneas, o tallos modificados tales como estolones, rizomas, cormos o tubérculos (León., 2010). Las raíces y tubérculos de plantas tropicales tales como *Manihot*, *Canna*, *Maranta*, *Ipomoea* y *Dioscorea* son utilizadas como fuentes alimenticia por las poblaciones del trópico. Estas plantas están bien adaptadas a las condiciones agroclimáticas tropicales, lo que permite su crecimiento en abundancia; sin embargo su cosecha se realiza de forma artesanal (León., 2010)

Las raíces y tubérculos son las plantas más importantes cultivadas en las regiones tropicales y sub-tropicales. Se cree que los tubérculos tuvieron origen en zonas tropicales sobre tres continentes separados: África (*Dioscorea cayenensis*, *D. rotundata*), sureste de Asia y sur del Pacífico (*D. alata*) y el Sur América (*D. trifida*) (Bousalen y col., 2006).

Se cree que el Género *Dioscorea* spp incluye alrededor de algunas 600 especies, sin embargo sólo unas pocas especies son comestibles, entre las cuales están incluidas: *D. trifida*, *D. cayenensis-rotundata*, *D. dumetorum*, *D. alata*, *D. esculenta* y *D. bulbifera*. Estos tubérculos constituyen una de las formas alimentarias más



altas en el Occidente de África, sur Asiático (China, Japón y Oceanía) y países del Caribe (Zuluaga y col., 2007).

Las especies pertenecientes al género *Dioscorea* spp son de gran importancia como alimento de las zonas tropicales del mundo, en particular en el oeste de África, el cual se le conoce como “región de tubérculos”. Más de la mitad del mundo es suplida por los tubérculos que son producidos en dicha región (Farhat y col., 1999).

Las raíces y tubérculos están constituidos por 70-80% de agua, 16-24% de almidón y en menor cantidad (<4%) lípidos y proteínas (Hoover., 2000)

En los estudios realizados por Hoover., (2000), mostraron que los almidones aislados tenían un contenido de nitrógeno cuyo rango varió de 0,006- 0,49%, se caracterizaron por poseer un bajo contenido de lípidos (<1%) y éstos presentaron un contenido de amilosa que abarcó de 10-38%.

### **Distribución geográfica de *Dioscorea trifida***

*D. trifida* es un tubérculo que se cree que fue cultivado al sur de América. En el presente, la distribución de este tubérculo abarca el este de Perú, Guyana, las islas de Trinidad y Tobago y todo el oeste de la India (Martin, y col. 1978). Representa una pequeña fracción de toda la macro flora tanto del sur, como de la parte central de América. Las especies más predominantes en estas zonas son *D. bernoulliana*, *D. urophylla* y *D. duggessy*.

Dentro de los nombres comunes con el cual se conoce este tubérculo en distintas partes del mundo se encuentran: *yampi*, en el norte de sur América y en Jamaica, *aja* o *aje* en Cuba, *manoa* al este de Perú, *mapuey* en Puerto Rico y Venezuela y *cushcush* en otras diferentes regiones.

### **Morfología de *Dioscorea trifida***

Durante su desarrollo de 5 a 8 tallos crecen en una planta madura de *D. trifida*. Estos tallos se distinguen por la presencia de 2 a 8 membranas aladas que varían de una planta a otra planta, aún cuando provengan de diferentes regiones y tratándose de la misma planta. Usualmente las membranas aladas están sobre la parte gruesa de los tallos. Esta planta es dioica (sexo femenino y masculino separados), aunque existen las plantas monoicas y hermafroditas; éstas son poco comunes. La inflorescencia masculina, que usualmente se observa en un nodo, consiste en racimos simples, bifurcados y también complejos, que miden alrededor de los 80cm de largo. Las flores miden tan sólo 4-6mm de grosor, y 6-7mm de largo. Las flores femeninas, se observan en racimos, usualmente en pares y miden 20cm de largo. Las flores miden 14mm de largo. Presenta un estilo conal, con tres estigmas tubulares, así como también están presentes tres estaminoides. El fruto, es una cápsula de tres membranas, con una o tres semillas en cada membrana alada. Sus tubérculos, son producidos en alargamientos terminales de los estolones del primer nodo complejo (**Figura I**). Éstos presentan una variedad de color y de formas. En relación a su color interno, los colores varían de acuerdo a la predominancia de ciertos pigmentos, variando del blanco, amarillo, por la

presencia de carotenoides, hasta de color púrpura intenso, debido a la presencia de antocianinas (**Figura I**) (Martin y col. 1978).

### **Composición proximal de *Dioscorea trifida***

Respecto a la composición tubérculo de *D. trifida*, se conoce que posee un alto porcentaje de almidón (37%), libre de carbohidratos menores (azúcares) y bajo contenido en grasa. Los gránulos de almidón son largos (10 a 65 micrómetros) (**Figura II**). El contenido de ácido ascórbico que es de 5,5mg/100 g, que podría ser significativo en algunas dietas. Por último se ha reportado que las vitaminas se pueden perder rápidamente durante el almacenamiento de los mismos. (Martin y col., 1978).

En las **Tablas I y II** se muestra la composición proximal de dos variedades de mapuey (*D. trifida*).



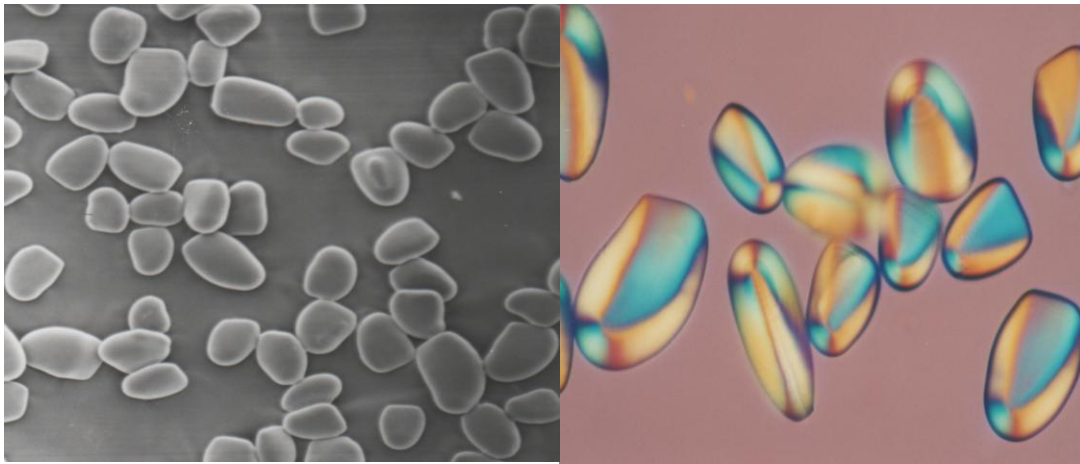
**Figura I.** Vista externa e interna de mapueyes de diferentes colores. Fuente: Pérez y col., (2009).

**Tabla I.** Composición porcentual del mapuey morado (*D. trifida*). Fuente: Castro., (1974).

Determinación	Muestra fresca	Secado a 60°C/18 horas	
		Base seca	Base húmeda
Humedad (%)	67,33	5,5	0
Proteína cruda x 6.25 (%)	1,63	4,73	4,98
Grasa cruda (%)	0,03	0,095	0,104
Fibra cruda (%)	0,41	1,18	1,25
Cenizas (%)	0,71	2,08	2,16
Carbohidratos totales por diferencia (%)	30,30	87,60	92,75
Sólidos insolubles en alcohol (%)	30	86,94	92
Almidón (%)	24,37	70,42	74,52
Azúcares totales(%)	1,88	5,48	5,8
Azúcares reductores(%)	0,41	1,19	1,26
Pectinas(%)	0,33	0,95	1,01
Pigmentos antocianos (mg/100g)	52,33 (160 B.S)	115,67 (122 B.S)	
Acidez ((mL NaOH 1N/ 100g))	3,17 (9,73 B.S)	6,87 (7,25 B.S)	
pH	5,4	5,65	

**Tabla II.** Composición proximal de dos variedades de mapuey (*D. trifida*). Fuente: (INN., 1999).

Parámetro (%)	Mapuey morado	Mapuey blanco
Humedad	75.6	69.9
Proteína	1.4	1.2
Grasa	0.6	0,2
CHO disponibles	20.6	25.5
Fibra dietética total	1.3	1.9
Cenizas	0.9	0.9



**Figura II.** Almidones de *Dioscorea trifida* vistos por microscopio electrónico de barrido y microscopía óptica. Fuente Pérez y col., (2009).

### **Procesos industriales aplicados en los almidones**

Actualmente los almidones son sometidos a diversos procesos industriales, uno de los más antiguos es el proceso de hidrólisis por la acción de ácidos o de enzimas, para producir por hidrólisis total, glucosa, o jarabes por hidrólisis parcial. Entre otros procesos tenemos, la preparación de almidón soluble el cual está formado por dextrinas (Castro., 1974).

Otro de los procesos a los que pueden ser sometidos los almidones, es el conocido como fermentación. La fermentación natural de planta material es comúnmente usada en países no desarrollados para transformar y preservar los vegetales, debido al bajo costo tanto energético, como tecnológico que es aplicado para obtener un producto final con únicas propiedades sensoriales (Brauman y col., 1996).

Brauman y col., (1996) determinaron que durante la fermentación de la yuca (*Manihot esculenta*), los microorganismos identificados en su gran mayoría, fueron anaerobios facultativos, los cuales usaron los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) presentes en la yuca como fuente de carbono. Las bacterias ácido lácticas fueron las que predominaron durante la fermentación (alrededor del 99% del total de la flora después de 48h). La flora epifita fue reemplazada primeramente por *Lactococcus lactis*, luego por *Leuconostoc mesenteroides*, y al final del proceso, por *Lactobacillus plantarum*. Estos microorganismos producen etanol y altas concentraciones de lactato, lo cual acidifica el medio. Así también, la rápida disminución de la presión parcial del oxígeno establecen las condiciones anaeróbicas. Microorganismos anaerobios estrictos, como *Clostridium spp.*, desarrolla y produce ácidos grasos volátiles, los cuales en conjunto con el lactato, otorgan el “*flavor*” característico en la yuca fermentada.

Por otro lado, Oyewole y col., (2001) sometieron a fermentación el clon número 30572 de la yuca a diferentes tiempos de fermentación (0h-96h), para obtener el “fufu” (Harina a base de yuca fermentada), demostraron mediante evaluaciones sensoriales, que la calidad del “fufu” incrementó tanto en olor, como en textura a lo largo del proceso de fermentación. Los atributos (olor, sabor, color y aceptabilidad global) no mostraron diferencias significativas entre las muestras de “fufu” sometidas a fermentación a las 72 y 96 horas. Sin embargo, a un periodo de incubación fue recomendado para la producción de un “fufu” de buena calidad, cuando se utilizó el clon de yuca 30572.

La yuca, es una raíz que ocupa un alto nivel de importancia en la dieta de muchos países tropicales, (Ampe y col., 2000). En una menor escala, la fermentación es utilizada para la preservación de raíces, y así también para la elaboración de productos fermentados de yuca (Ampe y col., 2000). El almidón agrio de yuca, es típicamente procesado al Sur de América (Brasil y Colombia), y es tradicionalmente utilizada para la elaboración de pan de queso (Ampe y col., 2000)

### **Microbiología asociada a otros tubérculos**

En torno a la microbiología asociada a los tubérculos, se conoce que la preservación de la yuca (*Manihot esculenta Crantz, subespecies esculenta*) y otros tubérculos, son fácilmente contaminados por hongos y bacterias, o sujetos a la descomposición debido al incremento de la actividad metabólica. Es por ello que tanto la yuca como otros tubérculos, requieren de procesos, que aseguren la estabilidad de los mismos durante el almacenamiento. Una de la formas, es la de deshidratar o trocear la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y otros tubérculos. El procesamiento en trozos, es una actividad muy común en Benin (África occidental), durante los periodos áridos. Sin embargo dichos trozos, son susceptibles al ataque de hongos, tales como: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. La contaminación fúngica puede causar decoloración en los trozos, y así también malos olores. Cabe destacar que la presencia de algunas especies de hongos puede ser dañina tanto para animales, como para humanos, debido a que algunos de ellos pueden producir metabolitos tóxicos como las micotoxinas (Gnonlonfin y col., 2008).



La contaminación por micotóxicas en productos alimenticios, ha sido un problema de salud en distintas partes del mundo. Aunque la yuca y otros tubérculos son muy importantes en la dieta de muchos países, no se le ha dado mucha importancia a la contaminación microbiológica y a la contaminación asociada a toxinas, tanto en productos procesados y no procesados. En este sentido se ha reportado incidencia de aflatoxinas en trozos de tubérculos provenientes de Nigeria y de Benin. Entre las micotoxinas reportadas en estos productos se encuentran: patulína, ácido cyclopiazonico, ácido penicilico y ácido tenuazónico. Estas toxinas también se han reportado en muestras de tubérculos provenientes de Ghana (Gnonlonfin y col., 2008).

En el trabajo realizado por Ogundanda y col., (1970), encontraron que los principales microorganismos asociados al deterioro durante el almacenamiento de los tubérculos (*Dioscorea spp*) se encontraban: *Botryodiplodia theobromae* Pat., *Fusarium moniliforme* var, *Penicillium sclerotigenum* y *Aspergillus Niger*.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Caracterizar fisicoquímicamente y evaluar la calidad e inocuidad microbiológica de cuatro variedades de *D. trifida*, así como también la de sus productos (almidón nativo y fermentado)

### Objetivos específicos

- Caracterizar las dimensiones físicas de los tubérculos de cuatro variedades de *D. trifida*.
- Medir los parámetros fisicoquímicos tales como acidez, pH y aW en la pulpa de las cuatro variedades de *D. trifida*.
- Evaluar la calidad microbiológica de la pulpa de cuatro variedades de *D. trifida*, determinando la incidencia de aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales (por la técnica del número más probable), mohos y levaduras.
- Extraer y purificar el almidón de cuatro variedades de *D. trifida*.
- Evaluar la calidad e inocuidad microbiológica de cuatro variedades de *D. trifida*, determinando la presencia de aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales (por la técnica del número más probable), mohos y levaduras y *Bacillus cereus*.
- Fermentar el almidón de cuatro variedades de *D. trifida*.
- Evaluar la calidad e inocuidad microbiológica del almidón de cuatro variedades de *D. trifida*, determinando la incidencia de aerobios mesófilos,

coliformes totales y fecales (por la técnica del número más probable), mohos y levaduras y *Bacillus cereus*.

- Comparar la microflora presente en el almidón de *D. trifida* fermentado en el laboratorio con el almidón agrio “algodonado” de yuca (*Manihot esculenta*), proveniente de Colombia.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se utilizaron tres variedades de *Dioscorea trifida* (mapuey morado rugoso, mapuey morado liso y mapuey blanco) provenientes del Estado Amazonas, y otra de origen comercial proveniente del estado Sucre. De igual manera se utilizó el almidón agrio fermentado de yuca (*Manihot esculenta*) “algodonada”, proveniente de Colombia. Los resultados fueron expresados como el valor promedio  $\pm$  la desviación estándar, para un número de muestra igual a tres (n=3).

### **Preparación de la materia prima**

Los tubérculos procedentes de los estados Amazonas y Sucre fueron recibidos en la planta piloto del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, se lavaron y acondicionaron para su posterior análisis y extracción del almidón.

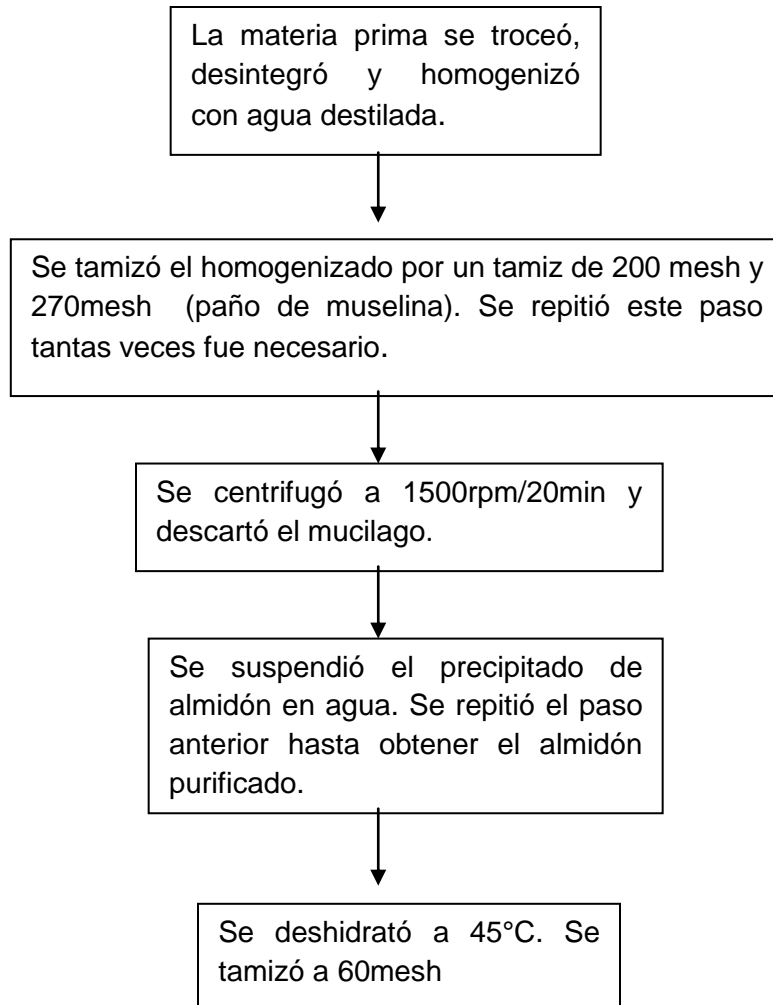
### **Evaluación de las características físicas y morfológicas del mapuey**

Los mapueyes se evaluaron en tamaño, peso y diámetro. Para ellos se procedió a su medición y pesaje usando una cinta métrica y una balanza de precisión. Se le tomó fotografías a la parte externa.

### **Extracción del almidón**

El método utilizado para la extracción y aislamiento de los almidones de las cuatro variedades de *D. trifida* fue el reportado por Pérez y col., (1993), con ciertas modificaciones. Durante la extracción del almidón no se dejó el tubérculo troceado en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a 0,25%, por 24 horas.

La extracción del almidón se llevó a cabo a través de la homogenización con agua destilada de la pulpa de los tubérculos, previamente pelados, y posteriormente se tamizaron con una malla de muselina. La lechada obtenida se centrifugó a 2.000 revoluciones por minuto (rpm) por 15 min en una centrífuga CRU-5000, (USA) se descartó el sobrenadante y se realizaron lavados hasta no observar ninguna capa oscura en la parte superior del sedimento (almidón). Finalmente, el almidón se secó en un deshidratador de bandeja (Michell dryers, modelo 700H, New York), a 45°C por 24 h. Una vez alcanzado aproximadamente 12% de humedad, se molió y se pasó por un tamiz de 60mesh. Se almacenaron asépticamente en unos envases, para luego analizar la flora microbiana presente en los mismos.



**Figura III.** Esquema que señala los pasos seguidos para la extracción del almidón.

## **Análisis microbiológico y fisicoquímico de pulpa y almidones**

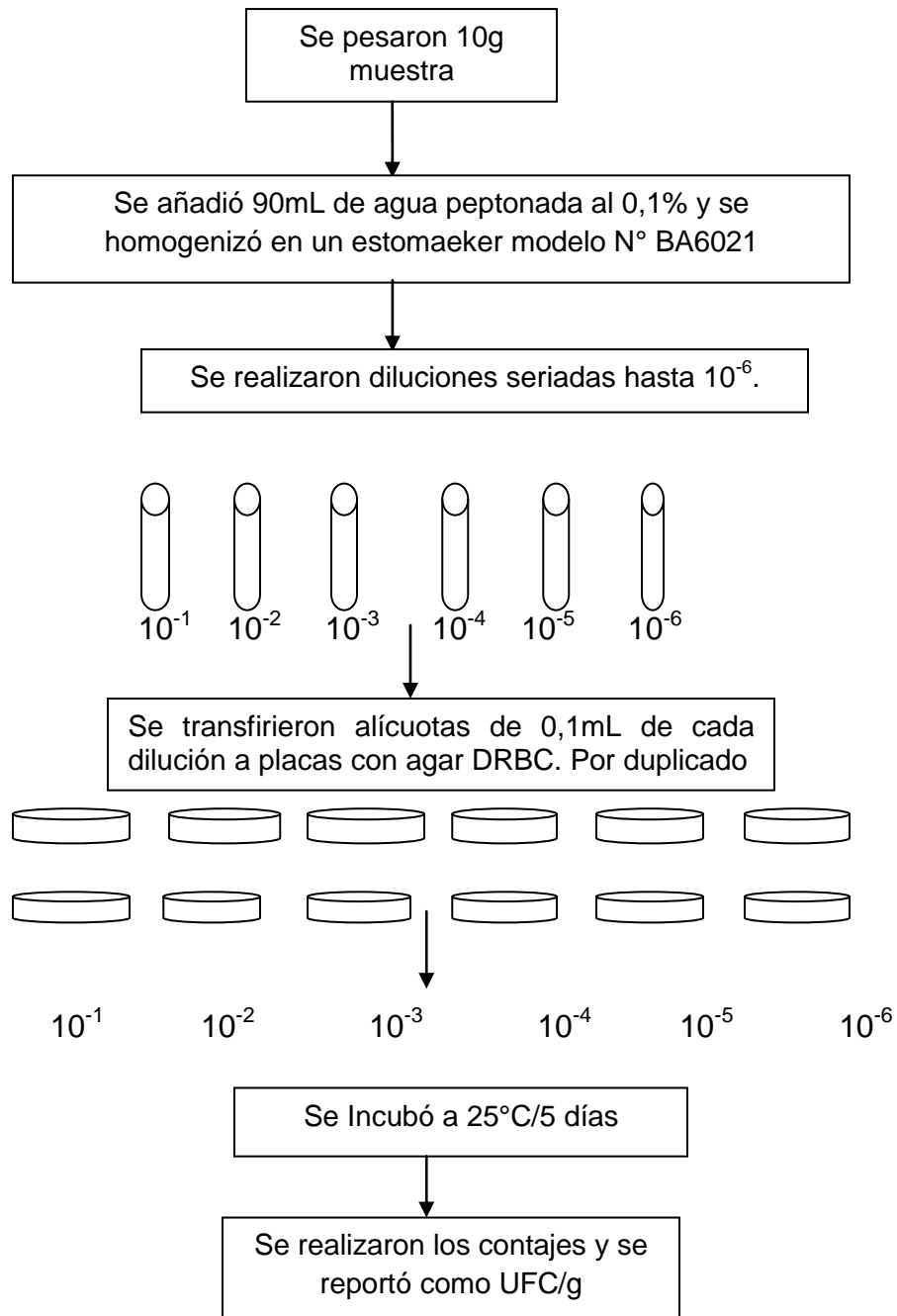
En lo referente a la pulpa y al almidón de las cuatro variedades de *Dioscorea trifida*, se determinó la incidencia de aerobios mesófilos, hongos y levaduras y coliformes fecales y totales.

### **Mohos y levaduras**

Se siguió esta metodología tanto en la pulpa, almidón nativo, almidón fermentado de las cuatro variedades de *D. trifida* y en el almidón de yuca fermentado.

Se hizo uso del método empleado por Gnonlonfin y col., (2008), con ciertas modificaciones. En lugar de diluir la muestra hasta  $10^{-4}$ , se hizo la dilución hasta  $10^{-6}$  y se utilizó agar Dicloran Rosa de Bengala con Cloranfenicol (DRBC), en lugar de agar Potato Dextrosa (PDA).

Se pesó 10g de cada muestra de mapuey (*D. trifida*) a analizar y se realizaron diluciones seriadas hasta  $10^{-6}$ , utilizando agua peptonada al 0,1% como medio de dilución. Se transfirieron alícuotas de 0,1mL de cada dilución a placas con agar DRBC. Se incubó por un periodo de 5 días a 25°C, bajo oscuridad. Las colonias fueron contadas luego del periodo de incubación como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g).



**Figura IV.** Metodología seguida para la determinación de mohos y levaduras.



## **Determinación de Coliformes, por la técnica del número más probable (NMP).**

Covenin 1104:96

Se siguió esta metodología en la pulpa, almidón nativo, almidón fermentado de las cuatro variedades de *D. trifida* y el almidón de yuca fermentado.

### **Método presuntivo**

Se inocularon volúmenes de 1mL de cada dilución en tubos con caldo lauril sultafo triptosa (LST). Por cada dilución se correspondían 3 tubos con caldo LST. Se Incubó a 35°C+/- 1°C durante 24h+/-2 horas adicionales.

Se consideraron como tubos positivos en la prueba presuntiva, aquellos que presentaron gas en el tubo *Durhan* luego de 48 h de incubación.

### **Prueba confirmatoria**

Se agitaron suavemente cada uno de los tubos positivos de la parte anterior, y se transfirió un asa del cultivo, a tubos con caldo bilis verde brillante (2%) (CBVB).

Se Consideraron como tubos positivos en la prueba confirmatoria, aquellos donde se observó la producción de gas en los *Durhan* luego de 48h de incubación

Se anotaron el número de tubos confirmados como positivos y se llevó el valor a las tablas del NMP que correspondía. **(Figura V)**

## Determinación del NMP de coliformes fecales.

### Primer método

De cada tubo positivo (producción de gas) de caldo lauril sulfato triptosa. Se llevó con un asa a tubos con caldo para enriquecimiento de coliformes (EC) previamente temperados a 45°C±0,2°C.

Se incubó en un baño de agua a 45°C±0,2°C durante 24h±2h.

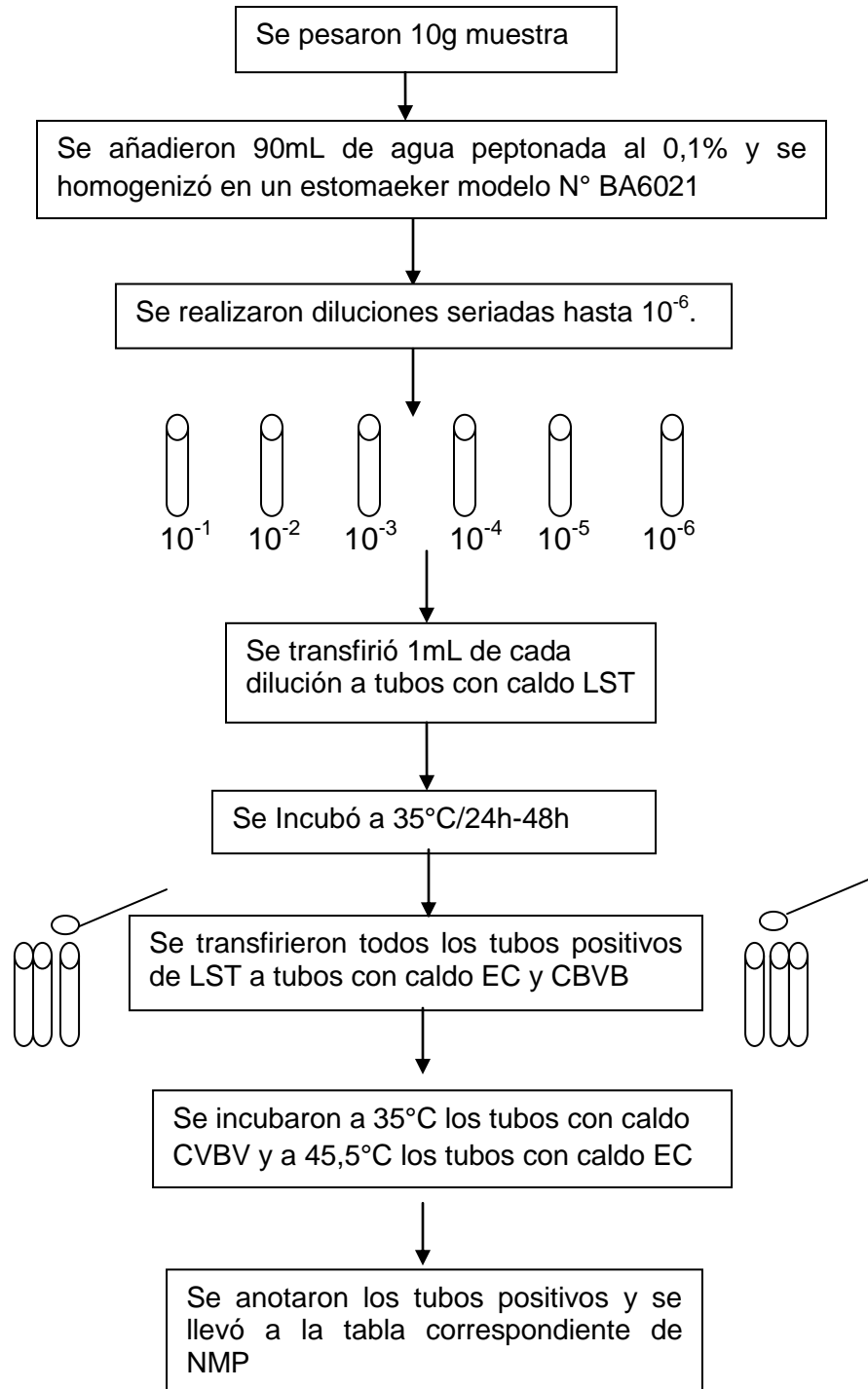
Se anotaron el número de tubos confirmados como positivos y se llevó el valor a las tablas del NMP que correspondía. (Figura V)

#### ANEXO C

Tabla 1. Número Más Probable (NMP) y Límite de Confianza 95 %, en pruebas con tubos de fermentación cuando son utilizados tres tubos con volúmenes de 0,1; 0,01; y 0,001 g\*.

No. de tubos positivos /3 tubos			NMP/g <sup>±</sup>	Límite de Confianza 95 %	
0.1 g	0.01 g	0.001 g		Inferior	Superior
0	0	0	< 3	-	-
0	1	0	3+	<1	17
1	0	0	4	<1	21
1	0	1	7+	2	27
1	1	0	7	2	28
1	2	0	11+	4	35
2	0	0	9	2	38
2	0	1	14+	5	48
2	1	0	15	5	50
2	1	1	20+	7	60
2	2	0	21	8	62
3	0	0	23	9	130
3	0	1	39	10	180
3	1	0	43	10	210
3	1	1	75	20	280
3	2	0	93	30	380
3	2	1	150	50	500
3	2	2	210+	80	640
3	3	0	240	90	1.400
3	3	1	460	100	2.400
3	3	2	1.100	300	4.800
3	3	3	>1100	-	-

Figura V. Tabla del Número más probable aplicada en las cuatro variedades de *D. trifida* y en la muestra de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) fermentado. Fuente. Covenin 1104:96.



**Figura VI.** Esquema seguido para la determinación de coliformes totales y fecales.

### **Determinación de Aerobios mesófilos.**

Esta metodología se aplicó en la pulpa, almidón nativo, almidón fermentado de *D. trifida* y en el almidón fermentado de yuca (BAM, 1995) .

En la **Figura VII**, se muestra los pasos seguidos para la determinación de los Aerobios mesófilos.

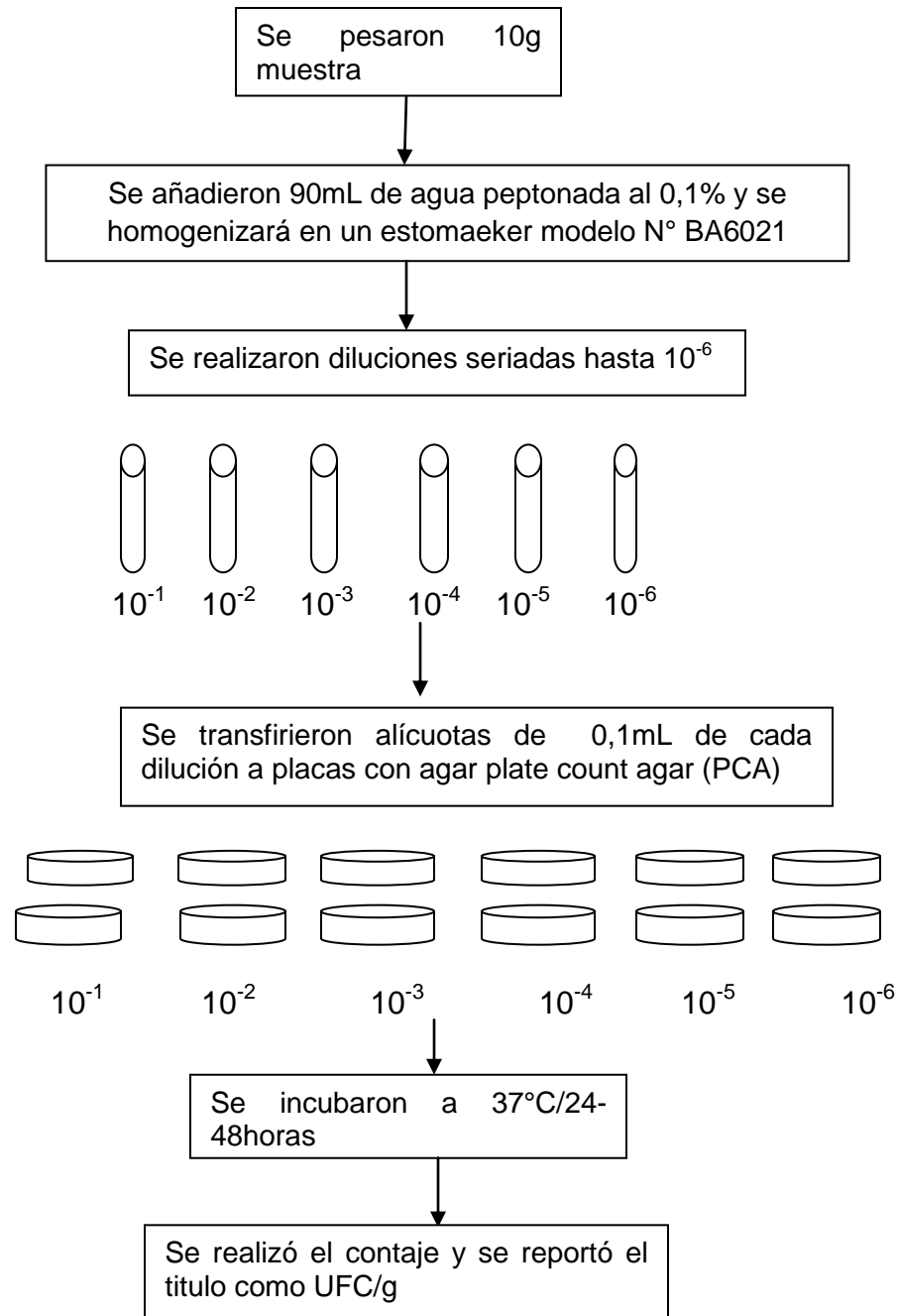


Figura VII. Esquema seguido para la determinación de los aerobios mesófilos

### **Determinación de *Bacillus cereus***

Se siguió esta metodología en el almidón nativo, almidón fermentado de *D. trifida* y en el almidón fermentado de yuca (Norma Covenin 1644-93). El método consistió en sembrar un volumen dado de la muestra representativa y homogénea de las diluciones, en la superficie de un medio de enriquecimiento selectivo repartido en placas petri **(Figura VIII)**.

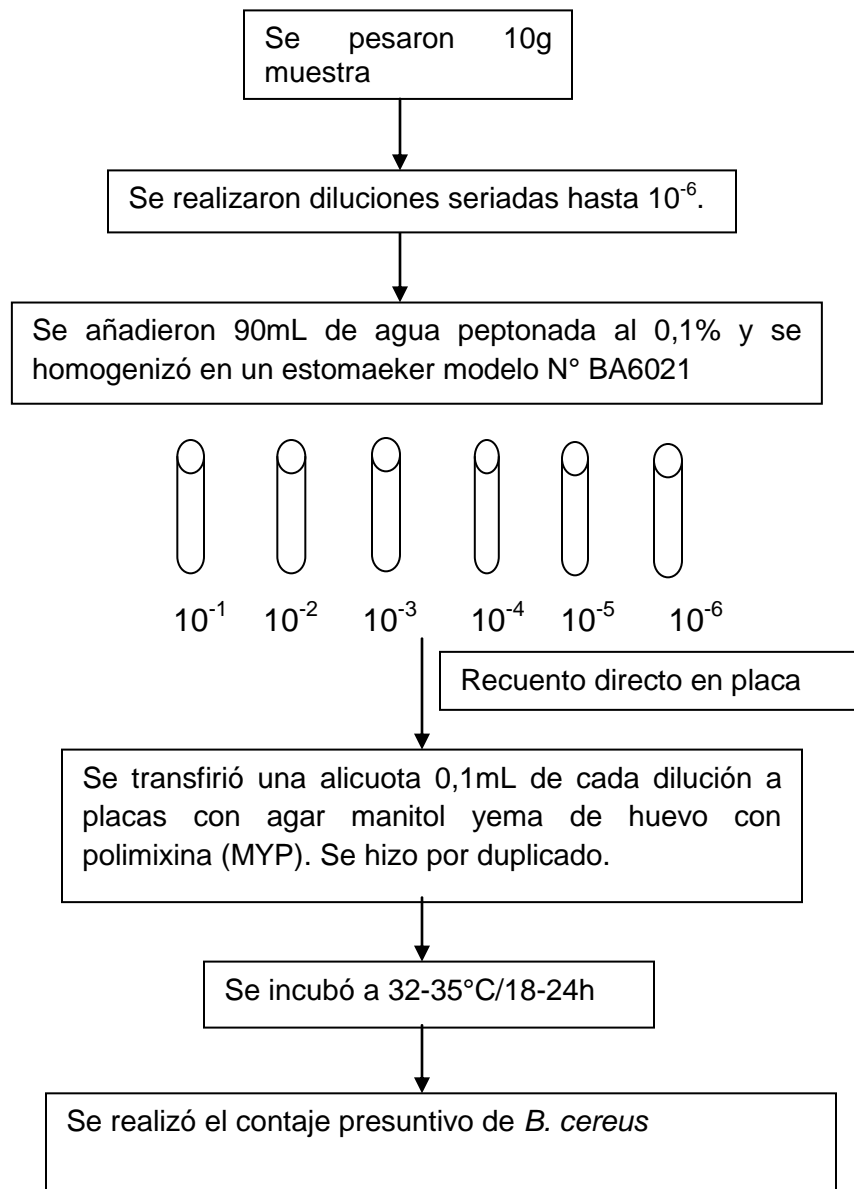


Figura VIII. Esquema seguido para la determinación de *B. cereus*

## **Fermentación**

Se aplicó la metodología utilizada por Ascheri., (2010) con algunas modificaciones para la fermentación del almidón nativo de las cuatro variedades de mapuey. En la reportada por este autor, las condiciones en la que se realizó la fermentación, simulaban condiciones industriales, así también la cantidad de muestra a fermentar fue de 3000kg; en este caso las condiciones en las que se llevó a cabo esta metodología fue a nivel de laboratorio y la cantidad de muestra a fermentar fue mucho menor.

20 gramos de cada uno de los almidones obtenido de las cuatro variedades de *D. trifida*, se colocaron en una fiola limpia y estéril, se le añadieron 30 ml de agua destilada previamente esterilizada, se agitó y se tapó con un tapón de algodón estéril y se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 15 días. Una vez alcanzado este tiempo se colocó la mezcla en una bandeja de aluminio estéril, se tapó asépticamente con una malla y se dejó secar al sol hasta obtener el almidón deshidratado.

Tanto a los almidones fermentados como a la muestra de almidón agrio proveniente de Colombia, se les realizó el recuento microbiológico de aerobios mesofilos, coliformes totales y fecales, hongos y levaduras y *Bacillus cereus*, según los descritos anteriormente.

## **Determinación de bacterias ácido lácticas**

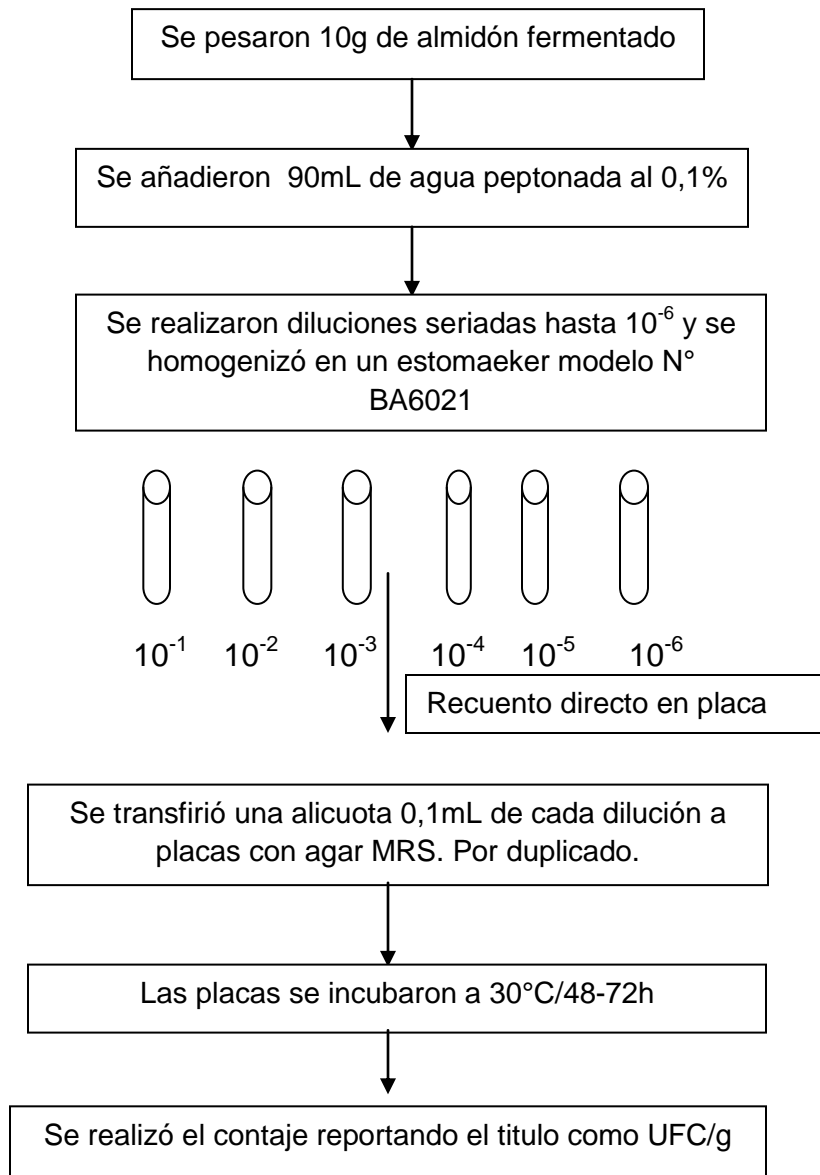
Así también se realizó el recuento de bacterias ácido lácticas según método descrito por Brauman y col., (1996), con algunas modificaciones. Se omitió en los



pasos para el recuento de las bacterias ácido lácticas, agregar al medio de cultivo azul de anilida.

Este método consistió en sembrar por doble capa 0,1mL de cada dilución en un medio sólido selectivo, agar MRS de Man, Rogosa y Sharpe para lactobacilos. Se incubó a 30°C por 48-72 horas y posterior a esto se realizó el contaje directo en placa, reportando el título como UFC/g.

En la **Figura IX** se muestran los pasos seguidos para la determinación de las bacterias ácido lácticas en los almidones fermentados de las cuatro variedades de *D. trifida* y en el almidón fermentado de yuca algodonado.



**Figura IX.** Metodología seguida para la determinación de las bacterias ácido lácticas.

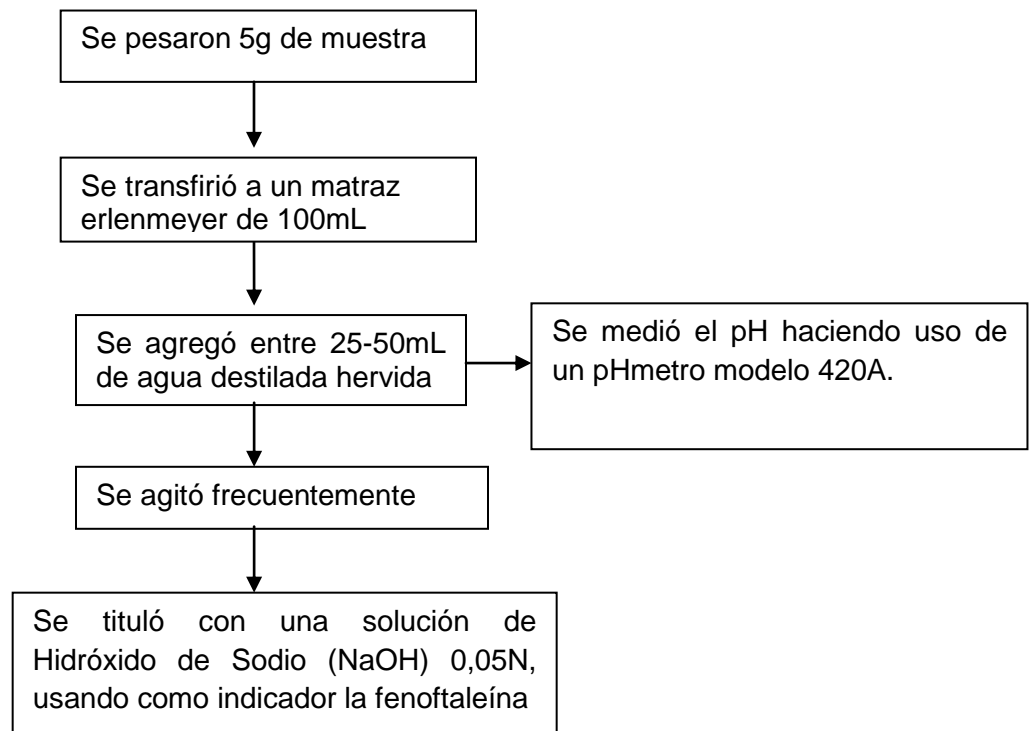
## Parámetros fisicoquímicos

Estos parámetros fueron medidos en la pulpa de las cuatro variedades de *D. trifida*

El análisis de humedad, se realizó según el método oficial de la AACC., (2003), N° 44-15A;

Determinación de acidez total titulable por volumetría y pH.

Se siguió la metodología reportada por la Norma Covenin 1787:81.



**Figura X.** Metodología seguida para la determinación de acidez y pH en cada una de las muestras de mapuey y sus productos.

### **Actividad de agua (aW)**

Se siguió la metodología seguida por Untermann y col., (1992), haciendo uso del equipo para determinación de actividad de agua: Aqua LAB modelo series 3TE, serial # 0,4089973B. Las mediciones se realizaron por triplicado

### **Análisis estadístico**

Los datos experimentales se evaluaron mediante ANOVA (nivel de probabilidad  $(p) < 0,05$ ) y Test de Tukey (nivel de significancia de 5%) con el programa estadístico STATISTICA (versión 9.0 Trial).

Los valores obtenidos de pH, acidez, título de aerobios mesófilos, título de mohos y levaduras, título de bacterias ácido lácticas, fueron contrastados con las distintas muestras de mapuey utilizadas y los productos obtenidos a partir de éstos (almidón fermentado y almidón nativo), mediante una prueba de ANOVA de dos vías para evidenciar si algunos de los tratamientos tuvo un efecto significativo sobre estas variables. Para aquellos ANOVA que dieron resultados significativos, se les realizó una prueba a posteriori, Prueba de Tukey HSD. Esta prueba se realiza entre cada par de medias, a fin de determinar cuál de los tratamientos tuvo el efecto (cuál de las medias fue distinta).

Las hipótesis para ANOVA fueron:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): las medias de cada tratamiento son iguales, es decir que no hubo diferencias entre los efectos producidos por cada condición.

- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): al menos una de las medias es diferente. Es decir que alguno de los tratamientos tuvo un efecto distinto.

Las hipótesis para la prueba de Tukey fueron:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): las medias son iguales.
- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): las medias son distintas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aspecto morfológico de las variedades de mapuey

Dimensiones físicas de las variedades de mapuey.

**Tabla III.** Dimensiones físicas de las variedades de mapueyes.

Variedades de Mapuey	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)
<b>MB*</b>	762,90±349,8 <sup>a</sup>	15,42±5,21 <sup>a</sup>	38,13±10,76 <sup>a</sup>
<b>MM*</b>	784,48±758,9 <sup>a</sup>	16,93±4,65 <sup>a</sup>	37,21±15,35 <sup>a</sup>

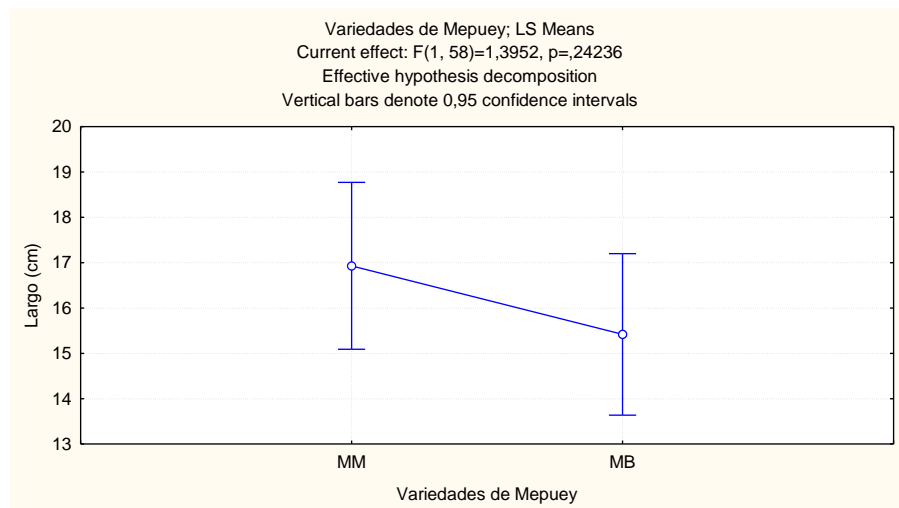
Diferentes letras minúsculas en una misma columna, denotan diferencias significativas entre variedades de Mapuey para una misma variable y tratamiento. (STATISTICA, versión 9.0 P < 0.05). MM= Mapuey morado; MB= Mapuey blanco

\* Valor promedio ± desviación estándar (n= 30)

**Tabla IV.** Análisis de varianza de una vía, Efecto de la variedad de mapuey sobre el largo de los mismos.

Effect	Univariate Tests of Significance for Largo (cm) (Sprea Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15680,7	1	15680,7	638,947	0,00000
Variedades de Mepuey	34,24	1	34,24	1,3952	0,24235
Error	1423,4	58	24,54		

No se encontró efecto significativo de las variedades de mapuey sobre el largo.

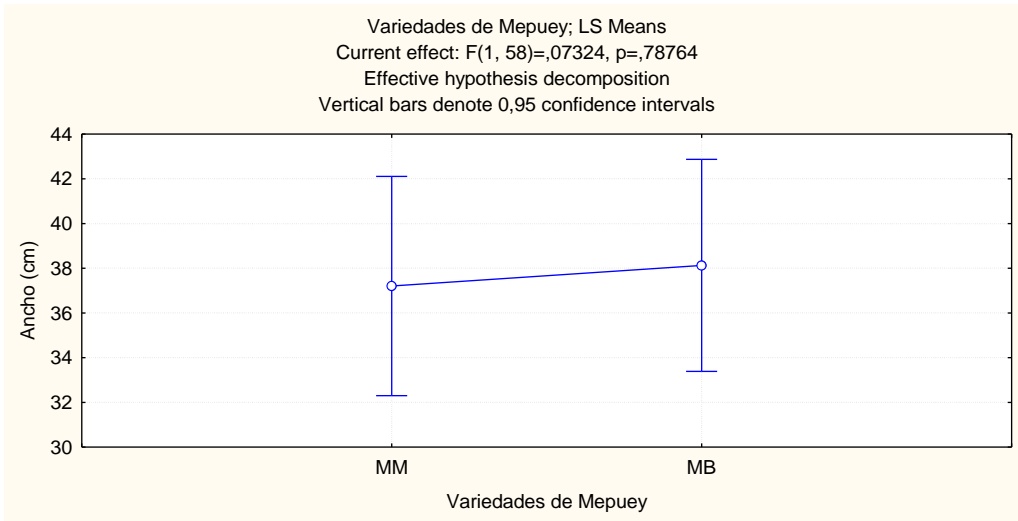


**Figura XI.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el largo. Las barras verticales denotan el intervalo de 0,95 de confianza. MM= mapuey morado; MB= mapuey blanco.

**Tabla V.** Análisis de varianza de una vía. Efecto de las variedades de mapuey sobre el ancho de las mismas.

Effect	Univariate Tests of Significance for Ancho (cm) (Spreadsh) Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85037,9	1	85037,9	488,808	0,00000
Variedades de Mepuey	12,74	1	12,74	0,0732	0,78764
Error	10090,2	58	173,97		

No se encontró efecto significativo de las variedades de mapuey sobre el ancho.



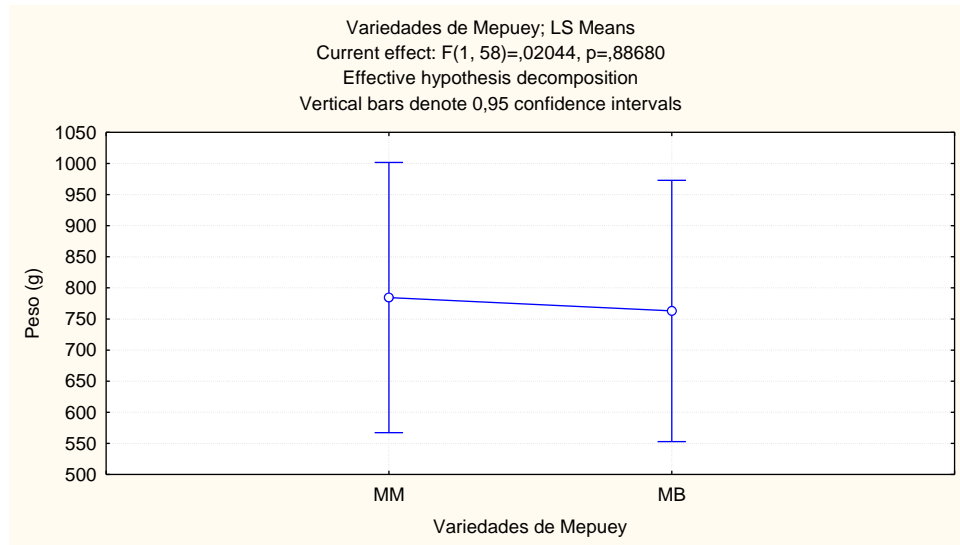
**Figura XII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el ancho. Las barras verticales denotan el intervalo de 0,95 de confianza. MM= mapuey morado; MB= mapuey blanco.

**Tabla VI.** Análisis de varianza de una vía. Efecto de las variedades de mapuey sobre el peso de las mismas.

Effect	Univariate Tests of Significance for Peso (g) (Spreadsheet)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3587614	1	3587614	105,116	0,00000
Variedades de Mepuey	6977	1	6977	0,0204	0,88680
Error	1979535	58	341299		

No se encontró efecto significativo de las variedades de mapuey sobre el peso.





**Figura XIII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre variedad de mapueyes sobre el peso. Las barras verticales denotan el intervalo de 0,95 de confianza. MM= mapuey morado; MB= mapuey blanco.

En cuanto a la morfología y tamaño de los tubérculos de mapuey, variedades blanco y morado, la cáscara es de color marrón en ambos casos, y en lo que respecta a la pulpa, es de color blanco y morado respectivamente. Estos tubérculos presentan diferentes formas, las cuales van desde alargadas, anchas y redondeadas en uno de los extremos. En la **tabla III** se puede apreciar que no hay diferencias significativas en cuanto a largo, ancho y peso de las variedades de mapuey. Una de las principales razones por las que se evalúan la apariencia y las dimensiones físicas en estos tubérculos, es para tener un patrón de identificación, es decir, para saber si el mismo peso, tamaño, y largo que es igual o diferente en las regiones o países en los que éste tubérculo es cultivado, ya que de antemano

se conoce que si las condiciones de cultivo no son las mismas para cada país, resulta obvio que las dimensiones físicas de los tubérculos van a variar. Asimismo el conocer los atributos físicos y sus dimensiones ayuda al dimensionamiento de los equipos de procesamiento y centros de acopio.

### Parámetros fisicoquímicos

**Tabla VII.** Mediciones de la actividad de agua (aW) realizadas en las cuatro variedades de mapueyes (*D. trifida*)

Variedad de mapuey	aW
Morado rugoso <sup>1</sup>	0,985+ 0,007
Morado liso <sup>1</sup>	0,993+ 0,002
Blanco Amazonas <sup>1</sup>	0,984+ 0,001
Blanco comercial <sup>1</sup>	0,997+ 0,002

<sup>1</sup> Valor promedio  $\pm$  desviación estándar (n=3)

**Tabla VIII.** Composición química de las cuatro variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado) (g/100g)

Variedad de Mapuey/ Productos	pH	% de acidez	Humedad (%)
<b>PULPA</b>			
MMR*	6,34 ±0,016 <sup>b1</sup>	0,004 ±0,000 <sup>b1</sup>	71,47
MML*	6,29± 0,01 <sup>b1</sup>	0,0045 ±0,000 <sup>a1</sup>	71,5
MBA*	6,79±0,00 <sup>a1</sup>	0,0042± 0,000 <sup>b1</sup>	69,25
MBC*	6,28± 0,047 <sup>b1</sup>	0,0039 ±0,000 <sup>c1</sup>	71,6
<b>ALMIDÓN NATIVO</b>			
MMR*	5,43 ±0,035 <sup>b2</sup>	0,003± 0,000 <sup>a2</sup>	10,84
MML*	5,81±0,012 <sup>b2</sup>	0,003± 0,000 <sup>a3</sup>	11,57
MBA*	5,96± 0,038 <sup>a2</sup>	0,003 ±0,000 <sup>a2</sup>	11,58
MBC*	5,78 ±0,057 <sup>a2</sup>	0,003± 0,000 <sup>a2</sup>	8,33
<b>ALMIDÓN FERMENTADO</b>			
MMR*	4,85±0,042 <sup>c3</sup>	0,0039±0,000 <sup>a1</sup>	
MML*	5,29± 0,275 <sup>b3</sup>	0,004 ±0,000 <sup>a2</sup>	
MBA*	5,82 ±0,02 <sup>a2</sup>	0,004± 0,001 <sup>a1</sup>	
MBC*	5,28±0,02 <sup>b3</sup>	0,0029 ±0,000 <sup>b2</sup>	

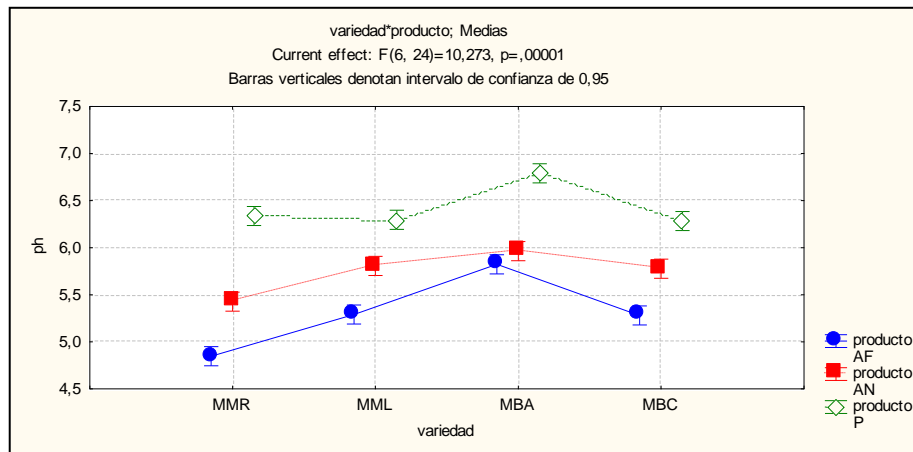
Diferentes letras minúsculas en una misma columna, denotan diferencias significativas entre variedades de Mapuey para una misma variable y tratamiento. Diferentes números en una misma fila, denotan diferencias significativas entre tratamientos para una misma variedad de Mapuey y una misma variable (STATISTICA, versión 9.0 P< 0.05). MMR=Mapuey morado rugoso; MML =Mapuey morado liso; MBA=Mapuey blanco Amazonas; MBC=Mapuey blanco comercial.

\* Valor promedio ± desviación estándar

**Tabla IX.** Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre el pH.

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	P
variedad	1,987	3	0,662	91,6	0,000000
producto	7,607	2	3,803	525,8	0,000000
variedad*producto	0,446	6	0,074	10,3	0,000012
Error	0,174	24	0,007		

Se encontraron diferencias significativas de la variedad y producto de mapuey sobre los valores de pH, y entre estos factores por separados

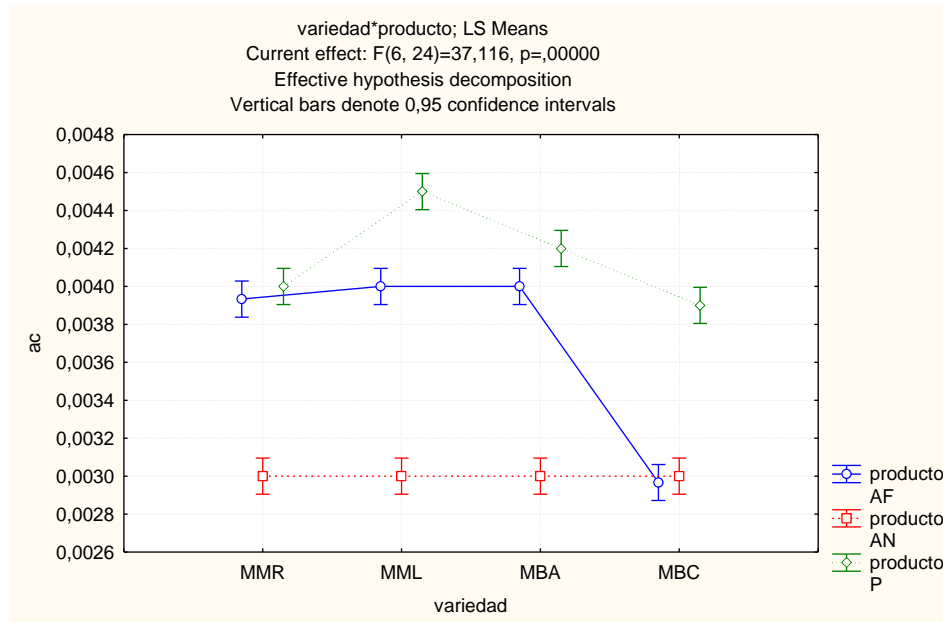


**Figura XIV.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre el pH. Las barras verticales denotan el intervalo de 0,95 de confianza. MMR= mapuey morado rugoso, MML= mapuey morado liso, MBC= mapuey blanco comercial, MMA= mapuey blanco Amazonas, AF= almidón fermentado, AN= almidón nativo y P=pulpa

**Tabla X.** Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre el porcentaje de acidez.

Efecto	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Variedad	0,001764	1	0,001764	276104,3	0,00
Producto	0,001282	3	0,000427	66904,1	0,00
Variedad*Producto	0,000956	2	0,000478	74802,9	0,00
Error	0,000000	6	0,000416	65118,9	0,00
		24	0,000000		

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades y productos de mapuey sobre el porcentaje de acidez. Así también se observaron diferencias significativas de estos factores por separados



**Figura XV.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre el porcentaje de acidez

En los análisis fisicoquímicos, se observó que cada una de las cuatro variedades de mapuey posee una alta actividad de agua (cercana a la unidad) (**Tabla VII**), obviamente por alto contenido de humedad y lo cual está relacionado con la flora microbiana encontrada en los mismos. En trabajos realizados por Omonigho y col., (1999), los autores, encontraron que hay una alta incidencia de microorganismos, incluyendo bacterias, mohos y levaduras en los tubérculos y en sus productos, como consecuencia de su alto valor nutricional, manifestándose en el deterioro de los mismos. Conocer la carga microbiana en los tubérculos, así como también tener presente qué microorganismos son responsables del deterioro de los mismos, da una idea de las condiciones en las cuales se cultivaron y /o almacenaron. También es importante conocer la flora de estos tubérculos, ya que esto permitiría el diseño preciso de los métodos de control o disminución de los microorganismos deteriorativos. Debido a la alta actividad de agua y al alto porcentaje de humedad, *D. trifida*, es un sustrato asequible para el crecimiento de una gran diversidad de microorganismos. En lo que respecta a los valores del porcentaje de humedad en cada una de las variedades de mapuey analizadas, los valores iniciales se encontraron por encima del 70 por ciento, lo cual se relaciona con los trabajos de Hoover., (2000) donde se señala que las raíces y tubérculos se caracterizan por poseer un alto porcentaje de humedad, que varía entre 70 a 80%. De igual manera en la **Tabla VIII**, se observa que las muestras de mapuey analizadas poseen un alto porcentaje de humedad.

Por otro lado, el pH y la acidez en los almidones, son indicadores del uso de aditivos, fermentación o aplicación de algún tipo de modificación. Los ácidos

orgánicos presentes en los almidones influyen en el sabor, color y en la estabilidad de los mismos. Asimismo, la acidez es uno de los índices comunes de la materia vegetal, y la misma se debe a la presencia de diversos ácidos orgánicos, en proporciones variables, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico fórmico, succínico, galacturónico, entre otros (Rached., y col.,2006) En la **Tabla VIII** se puede observar que los valores de pH tanto en la pulpa de *D. trifida*, como en sus productos, son diferentes, encontrándose diferencias significativas al aplicar el ANOVA de dos vías. La tendencia observada en la **Figura XIV**, muestra que los valores de pH más ácidos se hallan en los almidones fermentados, siendo la variedad de MBA, la que mostró valores de pH más altos, a lo largo de todos los tratamientos.

Conocer los datos fisicoquímicos referentes a este tubérculo en particular, da una idea de la microflora que pudiese desarrollarse en los mismos, esto es, por tener estos rubros un alto porcentaje de humedad, alta actividad de agua, valores de pH, que aunque son relativamente bajos, no están exentos de sufrir deterioros, bien sea por actividad química, enzimática o microbiana. Es por ello; que para poder preservarlos por largos períodos de tiempo, es necesario buenas condiciones de almacenamiento, o bien transformarlos en sus productos (almidones o harinas).

**Tabla XI.** Incidencia de coliformes totales y fecales en la pulpa de las cuatro variedades de mapuey.

Variedad de mapuey	Titulo de coliformes totales (NMP/g)	Titulo de coliformes fecales (NMP/g)
Morado rugoso	11000	4
Morado liso	240	4
Blanco Amazonas	21000	4
Blanco comercial	210	4

**Tabla XII.** Incidencia de coliformes totales y fecales en el almidón nativo de las cuatro variedades de mapuey.

Variedad de mapuey	Titulo de coliformes totales (NMP/g)	Titulo de coliformes fecales (NMP/g)
Morado rugoso	150	3
Morado liso	43	3
Blanco Amazonas	4600	3
Blanco comercial	75	3

**Tabla XIII.** Incidencia de coliformes totales y fecales en el almidón fermentado de las cuatro variedades de mapuey y en el almidón de yuca aldonado.

Variedad	Coliformes totales (NMP/g)	Coliformes fecales (NMP/g)
Mapuey morado rugoso	15	3
Mapuey morado liso	15	3
Mapuey blanco Amazonas	150	3
Mapuey blanco comercial	39	3
Yuca aldonado	3	3



**Tabla XIV.** Composición microbiológica de las cuatro variedades de mapuey y sus productos.

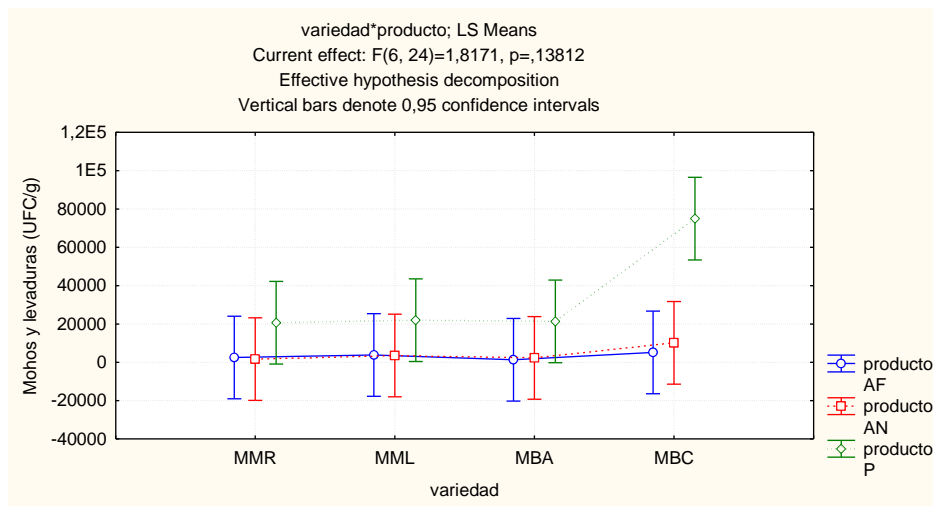
Variedad de Mapuey/ Productos	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)
<b>PULPA</b>		
<b>MMR</b>	7,75X10 <sup>4</sup> (b1)	2,06667x10 <sup>4</sup> b1
<b>MML</b>	1,53X10 <sup>5</sup> (b1)	2,2 x10 <sup>4</sup> (a,b1)
<b>MBA</b>	1,71333X10 <sup>4</sup> (b1)	2,13333x10 <sup>4</sup> (b1)
<b>MBC</b>	3,422666X10 <sup>6</sup> (a1)	7,5x10 <sup>4</sup> (a2)
<b>ALMIDÓN NATIVO</b>		
<b>MMR</b>	5,9X10 <sup>3</sup> (a1)	1,6667x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MML</b>	2,5X10 <sup>4</sup> (a1)	3,5667x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MBA</b>	2,5X10 <sup>4</sup> (a1)	2,3 x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MBC</b>	2,5X10 <sup>5</sup> (a2)	1,0166x10 <sup>4</sup> (b1)
<b>ALMIDÓN FERMENTADO</b>		
<b>MMR</b>	1,0633x10 <sup>4</sup> (a1)	2,5333x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MML</b>	2,96x10 <sup>3</sup> (a1)	3,8667x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MBA</b>	2,9066 x10 <sup>3</sup> (a1)	1,33 x10 <sup>3</sup> (b1)
<b>MBC</b>	1,680 x10 <sup>3</sup> (a2)	5,1667 x10 <sup>3</sup> (b1)

Diferentes letras minúsculas en una misma columna, denotan diferencias significativas entre variedades de Mapuey para una misma variable y tratamiento. Diferentes números en una misma fila, denotan diferencias significativas entre tratamientos para una misma variedad de Mapuey y una misma variable (STATISTICA, versión 9.0 P< 0.05). MMR=Mapuey morado rugoso; MML=Mapuey morado liso; MBA=Mapuey blanco Amazonas; MBC=Mapuey blanco comercial.

**Tabla XV.** Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de mohos y levaduras

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Intercept	2,332238E+10	1	2,332238E+10	66,68570	0,000092
variedad	3,105494E+10	3	1,035165E+10	29,59847	0,044147
producto	3,001314E+10	2	1,500657E+10	42,90830	0,000284
variedad*producto	5,609627E+10	6	9,349379E+09	26,73269	0,138119
Error	8,393660E+09	24	3,497358E+08		

Se encontraron diferencias significativas en la interacción de la variedad y producto de mapuey, sobre la incidencia de mohos y levaduras, así también como la de estos factores por separados

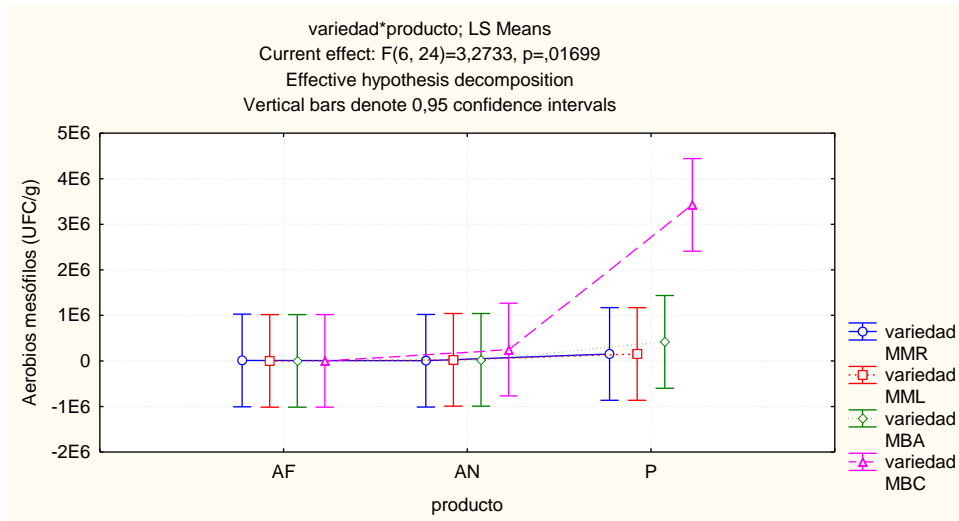


**Figura XVI.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de mohos y levaduras

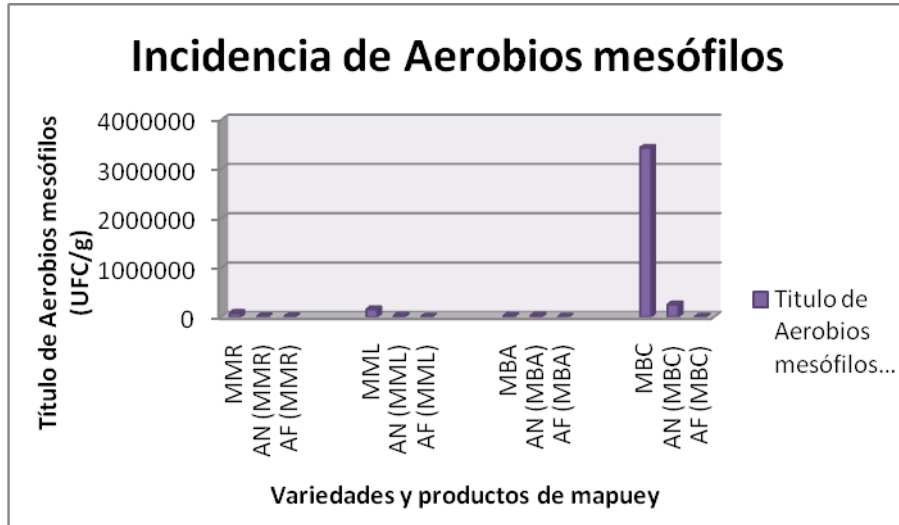
**Tabla XVI.** Análisis de varianza. Efecto de la variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de aerobios mesófilos

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Intercept	5,006212E+12	1	5,006212E+12	6,872489	0,014957
variedad	8,784768E+12	3	2,928256E+12	4,019887	0,018874
producto	7,986280E+12	2	3,993140E+12	5,481751	0,010943
variedad*producto	1,430647E+13	6	2,384411E+12	3,273301	0,016993
Error	1,748262E+13	24	7,284424E+11		

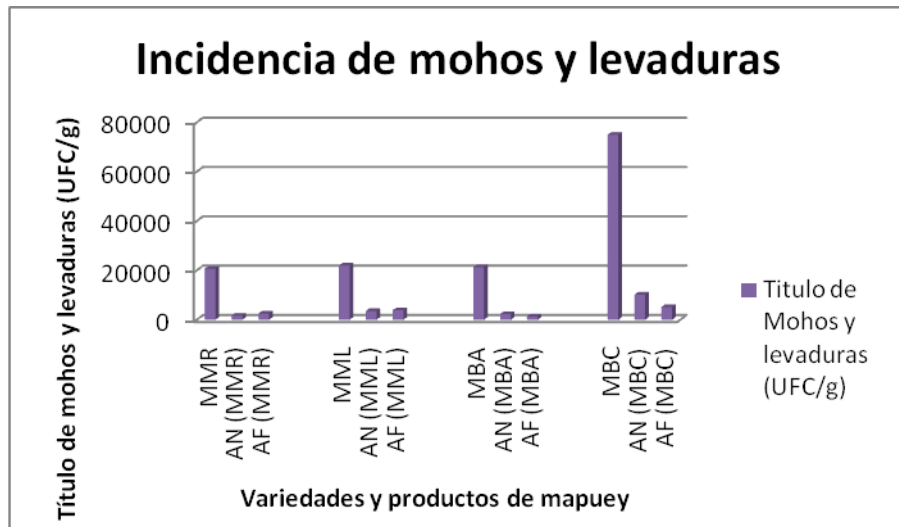
Se encontraron diferencias significativas en la interacción de la variedad y producto de mapuey, sobre la incidencia de mohos y levaduras, así también como la de estos factores por separados



**Figura XVII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: variedad de mapuey y sus productos sobre la incidencia de aerobios mesófilos.



**Figura XVIII.** Incidencia de aerobios mesófilos en cada una de las variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado)



**Figura XIX.** Incidencia de mohos y levaduras en cada una de las variedades de mapuey y sus productos (almidón nativo y almidón fermentado)

Los tubérculos y sus productos (almidones y harinas) son fuentes principalmente de energía, ya que poseen altas cantidades de carbohidratos libres, así también en materia seca éstos poseen cantidades significativas de proteína cruda, fibra cruda y cenizas (Omonigho., y col., 1999). Reportes recientes han señalado que tanto en los tubérculos, como en sus productos (ej. fufu) se han encontrado vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> y vitamina C (Omonigho. y col., 1999).

Los microorganismos requieren para su crecimiento, de energía la cual es provista por los carbohidratos, de nitrógeno (en forma de aminoácidos y vitaminas), de nutrientes inorgánicos y de agua. Es por ello que los tubérculos y sus productos proveen fácilmente de un medio para el crecimiento de una gran variedad de microorganismos (Omonigho. y col., 1999).

Dentro de los microorganismos encontrados en las variedades de mapuey analizadas se mencionan, aerobios mesófilos, mohos y levaduras y coliformes totales y fecales. Los aerobios mesófilos y los coliformes totales y fecales, se les conoce como microorganismos indicadores de la calidad, esto es, su presencia en cantidades determinadas en los alimentos, indican que las prácticas de higiene no fueron adecuadas, así también que los materiales utilizados durante su procesamiento estaban contaminados, que las condiciones de temperatura/tiempo fueron insuficientes durante su procesamiento o almacenamiento.

A través de la **Tabla XIV**, se observa que la muestra de MBC presenta una alta incidencia de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras, respecto a las demás muestras de mapuey. Así también se observa que después de cada tratamiento,

es decir luego de ser sometidos a deshidratación y fermentación, la carga microbiana en la muestra de MBC va disminuyendo (**FIGURAS XVIII y XIX**). Según Mercado y col., (2006), con el proceso de deshidratación el agua es removida a la mitad, limitándose no solo el crecimiento microbiano, sino que también se ven reducidas las actividades químicas.

Aún cuando no se observan diferencias significativas en las otras variedades de mapuey, en cuanto a la flora microbiana presente en la pulpa, almidón nativo y almidón fermentado, se debe acotar que en la **Tabla XIV**, se observa una ligera disminución de la carga microbiana en presente en estas muestras. Una de las razones a las que puede ser atribuido las diferencias en cuanto a la flora microbiana presente en estas variedades de mapuey, pudiese ser debido a que las condiciones de cultivo, riego, almacenamiento y traslado no fueron las mismas, por lo tanto la carga microbiana es distinta. Véase, que en todas las muestras de mapuey analizadas lo que varió fue la carga microbiana.

Así también se puede decir que con el proceso de deshidratación se va limitando en crecimiento microbiano, por lo que se espera que el producto remanente (almidón nativo) debe tener un periodo de vida útil mayor, que si no se aplicase este tratamiento. La ventaja de aplicar un tratamiento a un producto, es que con ello se van creando barreras para el crecimiento de los microorganismos, ya que sólo podrán desarrollarse en determinado medio, aquellos microorganismos que logren vencer esas condiciones.

Además de evaluar la calidad microbiológica en cada variedad de mapuey, en este trabajo se planteó como objetivo adicional, evaluar la inocuidad microbiológica de cada almidón nativo y fermentado de mapuey. Por ser este tubérculo cultivado en tierra, se tenían reportes de que podía haber incidencia de *B.cereus*.

Las especies de *Bacillus* tienen una diversidad de nichos ecológicos, debido a la resistencia de sus endosporas a condiciones de estrés, así como también su capacidad de sobrevivir en condiciones extremas por largos periodos de tiempo (Oh y col.,2006). Es conocido que el principal hábitat de las endosporas de *Bacillus*, es el suelo, encontrándose de  $10^5$  a  $10^6$  esporas de *Bacillus cereus/g*.

Una de las principales fuentes de las especies de *Bacillus*, son los alimentos crudos de origen animal, así como también se le ha asociado frecuentemente a *Bacillus cereus*, con cereales y varios tipos de guisantes (Oh., 2006). La presencia de *B. cereus* en alimentos procesados, se atribuye a la contaminación de utensilios en el procesamiento de estos productos y a la habilidad de supervivencia de las esporas a altas temperaturas.

En nuestro caso, el método de siembra en superficie no detectó la incidencia de este microorganismo, es decir para cada muestra de almidón nativo y fermentado analizada, se encontró que el título de *B. cereus*, se encontraba por debajo de las 100UFC/g.

**Tabla XVII.** Composición microbiológica de los cuatro productos fermentados de mapuey y del almidón fermentado de yuca algodonada

Productos de Mapuey	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)	Acido lácticas (UFC/g)	pH	% de acidez
<b>Almidón fermentado</b>					
MMR	1,063X10 <sup>4(b)</sup>	2,533X10 <sup>3</sup> (b)	2,2X10 <sup>3</sup> (a, b)	4,85±0,042 <sup>d</sup>	0,0039±0,001 <sup>b</sup>
MML	2,96X10 <sup>3(b)</sup>	3,8667X10 <sup>3</sup> (a,b)	5,2 X10 <sup>3</sup> (a)	5,29±0,275 <sup>b,a</sup>	0,004±0,000 <sup>b</sup>
MBA	2,906X10 <sup>3</sup> (b)	1,33X10 <sup>3(b,c)</sup>	1x10 <sup>2(b)</sup>	5,82 ±0,02 <sup>a,b</sup>	0,0029±0,002 <sup>c</sup>
MBC	1,68 X10 <sup>3(b)</sup>	5,1667X10 <sup>3</sup> (a)	1x10 <sup>2(b)</sup>	5,28±0,02 <sup>c</sup>	0,004±0,000 <sup>b</sup>
Y	2,5 X10 <sup>4(a)</sup>	1X10 <sup>2(c)</sup>	1 x10 <sup>2(b)</sup>	3,29±0,007 <sup>e</sup>	0,086±0,000 <sup>a</sup>

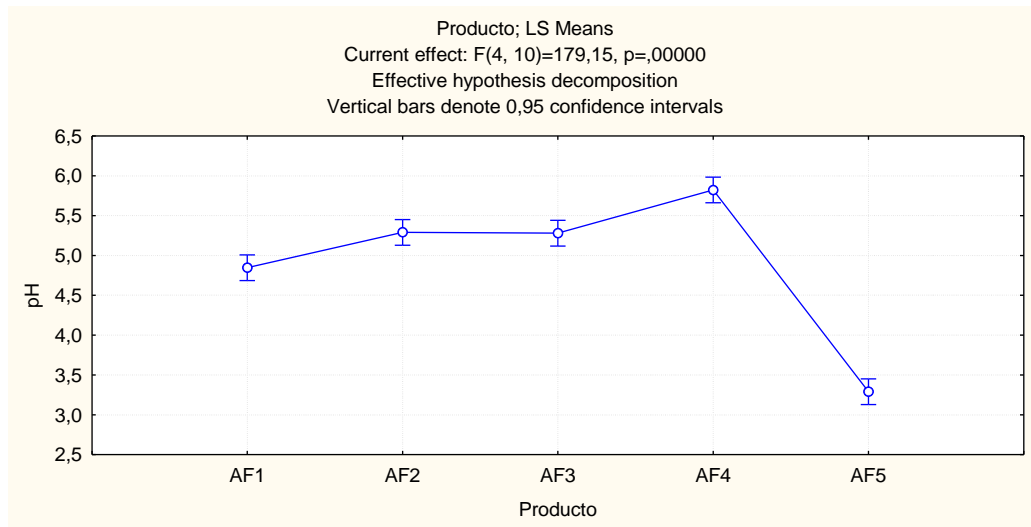
Diferentes letras minúsculas en una misma columna, denotan diferencias significativas entre variedades de Mapuey para un mismo tratamiento.(STATISTICA, versión 9.0 P< 0.05). MMR=Mapuey morado rugoso; MML =Mapuey morado liso; MBA=Mapuey blanco Amazonas; MBC=Mapuey blanco comercial; Y=yuca algodonada de Colombia

**Tabla XVIII.** Análisis de varianza. Efecto de los almidones fermentados sobre el pH

Effect	Univariate Tests of Significance for pH (Matriz nueva) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	361,0325	1	361,0325	23034,83	0,000000
Producto	11,2314	4	2,8079	179,15	0,000000
Error	0,1567	10	0,0157		

Se encontraron diferencias significativas entre los productos fermentados, respecto la variable dependiente pH.



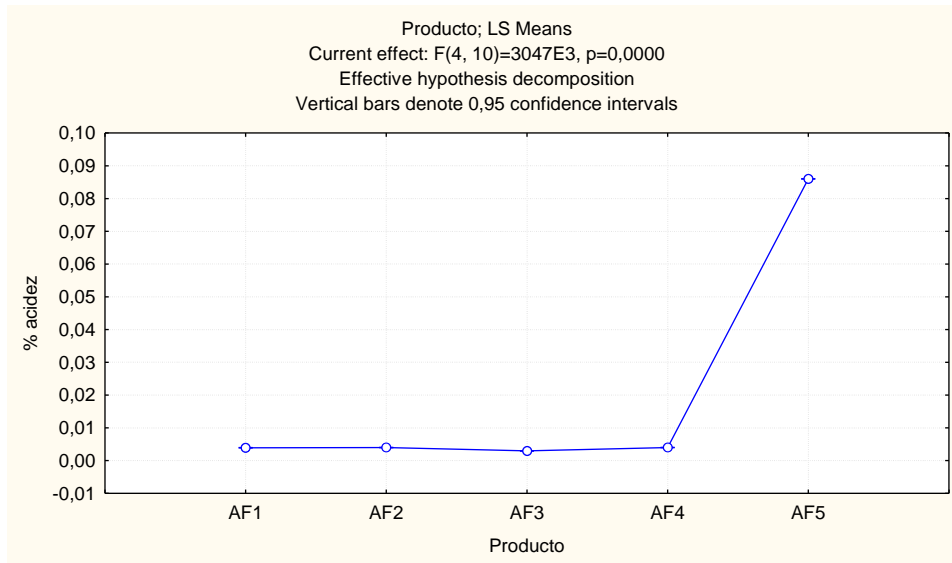


**Figura XX.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: Productos (almidones fermentados) sobre el pH. AF1= almidón de mapuey morado rugoso; AF2= almidón de mapuey morado liso; AF3= almidón de mapuey blanco comercial; AF4= almidón de mapuey blanco Amazonas; AF5= almidón de yuca fermentada algodonado

**Tabla XIX.** Análisis de varianza. Efecto de los almidones fermentados sobre el porcentaje de acidez

Univariate Tests of Significance for % acidez (Matriz nueva) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,006108	1	0,006108	4581362	0,00
Producto	0,016248	4	0,004062	3046562	0,00
Error	0,000000	10	0,000000		

Se encontraron diferencias significativas entre los productos fermentados, respecto la variable dependiente porcentaje de acidez

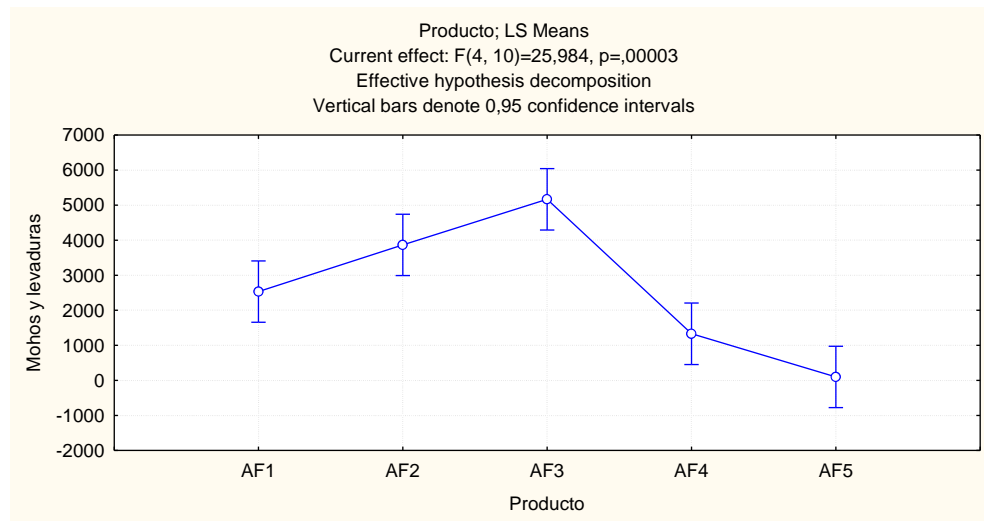


**Figura XXI.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción entre los tratamientos: Productos (almidones fermentados) sobre la acidez

**Tabla XX.** Análisis de varianza. Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de mohos y levaduras

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Intercept	101348007	1	101348007	218,6392	0,000000
Producto	4817863	4	12044673	25,9841	0,000029
Error	4635400	10	463540		

Se encontraron diferencias significativas entre los efectos de los almidones fermentados, sobre la incidencia de mohos y levaduras

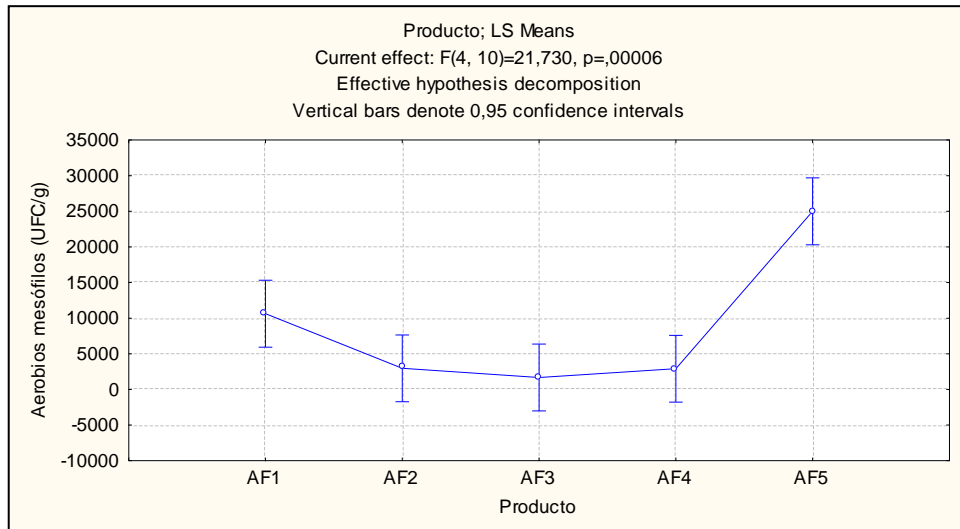


**Figura XXII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de mohos y levaduras.

**Tabla XXI.** Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de aerobios mesófilos

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Intercept	1,118707E+09	1	1,118707E+09	84,14692	0,000003
Producto	1,15554E+09	4	2,888985 E+08	21,73036	0,000064
Error	1,329469E+08	10	1,329469E+08		

Se encontró efecto significativos de los productos sobre la incidencia de aerobios mesófilos

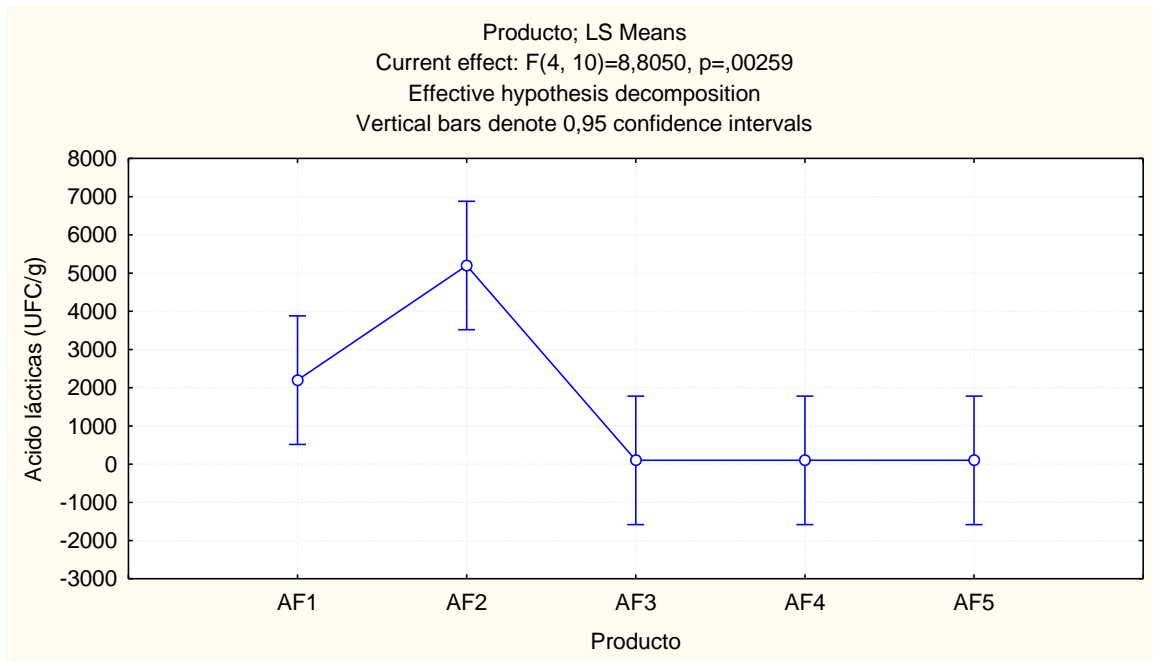


**Figura XXIII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de aerobios mesófilos.

**Tabla XXII.** Análisis de varianza. Efecto del producto (almidón fermentado de cada una de las variedades de mapuey) sobre la incidencia de las bacterias ácido lácticas

Efectos	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercept	35574000	1	35574000	20,82787	0,001036
Producto	60156000	4	15039000	8,80504	0,002588
Error	17080000	10	17080000		

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al efecto de los productos (almidones fermentados) sobre la incidencia de las bacterias ácido lácticas



**Figura XXIII.** Representación de los valores de las medias (puntos centrales de los bigotes) de la interacción del almidón fermentado y la incidencia de las bacterias ácido lácticas.

Durante el proceso de fermentación se producen compuestos secundarios, entre los que se encuentran el ácido láctico, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y etanol, éstos son responsables de la disminución del pH en el proceso de fermentación, hecho que se puede apreciar en la **Tabla XVII**, se puede observar que para cada variedad de mapuey, hay un cambio significativo de los valores de pH, encontrándose que los valores más bajos corresponden a los almidones de mapuey sometidos al proceso de fermentación

Haciendo hincapié en la flora microbiana encontrada en los almidones fermentados de mapuey, se puede apreciar que hay microorganismos que pudieron crecer bajo las condiciones de anaerobiosis. En la **Tabla XVII** se observa

que no hay cambios significativos en cuanto a la flora encontrada en los almidones nativos y en los almidones fermentados, lo que pudiese ser atribuido a que no se desarrollaron en su totalidad las condiciones anaeróbicas.

Comparando la flora microbiana presente en los almidones fermentados de las cuatro variedades de mapuey, con el almidón fermentado de yuca (**Tabla XVII**) observamos que hay diferencias significativas entre éstos. En cuanto a la incidencia de aerobios mesófilos, la muestra de almidón de yuca fermentada algodónada, mostró una mayor incidencia por parte de estos microorganismos, en comparación con los cuatro almidones fermentado de mapuey. Esto puede estar relacionado con las condiciones de manufactura a las que fue sometido en almidón nativo de yuca fueron inadecuadas.

En la muestra MBC fermentado se observó una mayor incidencia de mohos y levaduras, siendo la muestra de almidón de yuca algodónada la que presentó una menor incidencia de los mismos. Las bacterias ácido lácticas aportaron información en cuanto al proceso de fermentación al que fueron sometidos las distintas muestras de almidones, tanto de mapuey, como de yuca. En la **Tabla XVII**, observamos que hay diferencias significativas, en cuanto a la incidencia de las bacterias ácido lácticas en las distintas muestras analizadas. La muestra de MML fermentado, presentó una mayor incidencia de éstas bacterias, seguida de la muestra de MMR fermentado. Las muestras fermentadas de MBA, MBC y Y, no presentaron diferencias significativas entre sí.

Con lo anteriormente dicho, inferimos que el tiempo de fermentación óptimo es distinto para cada muestra, debido a que en general se observó una baja incidencia por parte de las bacterias ácido lácticas. Por otro lado, se puede decir que en líneas generales el tiempo de fermentación a los que fueron sometidos los almidones de mapuey no fue el óptimo para este sustrato, ya que al observar la **Tabla XVII**, se encontró que sólo dos de las cuatro muestras de almidón de cada variedad de mapuey presentaron una alta incidencia de bacterias ácido lácticas, mientras que las muestras de MBC y MBA presentaron una incidencia por debajo de las 100UFC/g de estas bacterias.

En los trabajos de Brauman y col., (1996) encontraron que al fermentar muestras de yuca en un período de 96 horas, la microflora estuvo constituida por microorganismos anaerobios facultativos en un orden de  $10^9$  - $10^{12}$  UFC/g, así también, a las 12 horas del proceso de fermentación se encontraron bacterias ácido lácticas cuyo orden fue de  $10^7$ UFC/g, y al final de proceso excedieron el orden de  $10^{12}$ UFC/g. La alta incidencia de bacterias ácido lácticas en este proceso puede ser atribuido a varias razones. (i) como bacterias anaeróbicas facultativas, las bacterias ácido lácticas pueden desarrollarse al inicio del proceso de fermentación, aún cuando apreciables concentraciones de oxígeno, y gracias a los azúcares presentes en las muestras de yuca (sacarosa, glucosa y fructosa) que pueden fermentar, éstas pueden dominar a la microflora epífita en estas muestras. (ii) las bacterias ácido lácticas producen cantidades significativas de ácido láctico, y se puede apreciar con la rápida disminución del pH; con estas condiciones sólo podrán crecer los microorganismos ácido tolerantes.

Con lo anteriormente dicho, se encontró que las muestras de almidones fermentados no presentaron una alta incidencia de bacterias ácido lácticas, puesto que no superaron el orden de  $10^{12}$ UFC/g al final del proceso de fermentación. Tal como se dijo anteriormente, el tiempo de fermentación no fue óptimo para que se desarrollaran las condiciones de anaerobiosis, así también se puede atribuir este hecho, a que hay especificidad de sustrato para que se den las condiciones de anoxia, ya que de las cuatro variedades de mapuey sólo dos presentaron una incidencia de bacterias ácido lácticas cuyo orden llegó a  $10^3$ UFC/g.

Uno de los objetivos contemplados en este trabajo, fue comparar la microflora remanente del proceso de fermentación de las cuatro variedades de mapuey, con el almidón fermentado de yuca alodonado. Se encontró que existen diferencias significativas entre éstos.

El almidón fermentado de yuca alodonada presentó una baja incidencia de bacterias ácido lácticas. Según Caplice., (1999), las bacterias ácido lácticas generalmente son mesófilas, pero pudiesen crecer a temperaturas por debajo de los  $5^{\circ}\text{C}$  ó a temperaturas que sobrepasen los  $45^{\circ}\text{C}$ . Éstas crecen con facilidad en un rango de pH que varía de 4 – 4.5, pero algunas muestran actividad a un valor de pH de 9,6 y otras a un valor de pH igual a 3,2. La baja incidencia de bacterias ácido lácticas encontrada en el almidón agrío de yuca puede ser atribuida a lo anteriormente mencionado, puesto que en la **Tabla XVII** se puede observar que el rango de pH que posee el almidón agrío de yuca era de 3,2, en un medio tan



anaeróbico sólo podrán crecer aquellos microorganismos que soportaran tales condiciones.

En los trabajos de Vermeulen., (2007), encontró que dos cepas de bacterias ácido lácticas, presentaron inhibición a pH 3,5 (después de 15 días de incubación a 30°C) y dichas cepas fueron susceptibles al ácido acético y al ácido láctico. Los grandes efectos antimicrobianos de las formas no disociadas de algunos ácidos son atribuidos a su actividad natural lipofílica. Los ácidos en sus formas no disociadas difunden rápidamente a través de la membrana plasmática y una vez dentro de la célula, pueden disociarse en forma de protones ( $H^+$ ) y aniones. El incremento significativo de  $H^+$  dentro de la célula puede conducir al declive del pH interno, inhibiendo muchas de las funciones metabólicas celulares, aunado a la acumulación de aniones intracelular, lo cual crea altas presiones de turgencia.

En el caso específico del almidón fermentado de yuca algodónada, lo anteriormente dicho pudo haber repercutido en la baja incidencia encontrada de las bacterias ácido lácticas.

En la **Tabla XVII**, observamos que ninguno de los almidones de mapuey fermentados se parece a la flora microbiana encontrada en el almidón agrio de la yuca, así también los parámetros fisicoquímicos son distintos al almidón agrio de la yuca.

El almidón agrio de yuca es un proceso natural, conducido bajo una capa de agua sobrenadante elaborado en cantidades masivas a nivel de industria. Los microorganismos que realizan la fermentación provienen del medio ambiente y del

agua utilizada. El período de fermentación varía según la región y las condiciones climáticas. En las regiones tradicionales productoras del almidón ágrico del Brasil la fermentación lleva de 30 a 40 días, llegando a 60 días en la safra (Ascheri., 2010).

El almidón agrio de yuca lleva un procedimiento distinto al que se planteó, o realizó con los almidones nativos de *D. trifida*, por lo que es obvio encontrar diferencias significativas en cuanto a la flora microbiana remanente del proceso de fermentación.

## CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas entre las dimensiones morfológicas de las variedades de mapuey analizadas, lo cual indicó que hay homogeneidad de las distintas variedades de mapuey con respecto al ancho, largo y peso.
- La microflora encontrada en la pulpa de las variedades de mapuey, podría estar relacionada con las condiciones de cultivo, riego, almacenamiento de los mismos.
- Las muestras de mapuey se caracterizaron por poseer un alto porcentaje de humedad,  $a_w$ , lo cual pudo influir en la incidencia de muchos microorganismos.
- El método de siembra en superficie que se utilizó para evaluar la incidencia de *B. cereus*, no permitió detectar a dicho microorganismos, es decir éste se encontraba por debajo de 100UFC/g
- La microflora de las cuatro variedades de mapuey, remanente del proceso de fermentación presentó diferencias significativas entre sí, y con la microflora del almidón fermentado de yuca proveniente de Colombia, lo cual puede ser atribuido a que pudiese haber un medio más nutritivo que otro para el crecimiento de muchos microorganismos. Así también, se puede manifestar que las condiciones en las que fueron procesados las distintas variedades de mapuey (método tradicional), es diferente a las condiciones a

las que fue sometido el almidón de yuca, ya que este último se obtiene a nivel industrial lo que implica que la metodología seguida es distinta y más rigurosa.

- La incidencia de bacterias ácido lácticas en las muestras de mapuey (en general) fue baja, lo cual puede ser atribuido a que el tiempo de fermentación no fue el óptimo.

## **RECOMENDACIONES**

- Para saber con exactitud si la flora microbiana (de cada variedad de mapuey) remanente del proceso de fermentación es similar a la del almidón fermentado de yuca algodonado, se sugiere utilizar como tiempo de fermentación 30 días.
- Para acelerar el proceso de fermentación se sugiere inocular cada muestra de mapuey con cepas de bacterias ácido lácticas, para que tanto el tiempo como el proceso de fermentación sean óptimos.
- En el caso de que la flora microbiana de cada variedad de mapuey fuese similar a la del almidón de yuca, es oportuno realizar la composición proximal de los mismos, para saber si hay similitudes

## BIBLIOGRAFÍA

AACC. (American Association of Cereal Chemists) 2003. Laboratory Method 10th edn. St. Paul, MN, USA

Ampe, F., Sirvent, A., Zakhia, N. 2000. Dynamics of the microbial community responsible for traditional sour cassava starch fermentation studied by denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative rRNA hybridization. *Int J Food Microbiol.* 65: 45-54.

BAM, Bacteriológica Analítica Manual. (1995). Pub. Association of official analytical chemists International (AOAC) and Food and Drug Administration (FDA), 8<sup>th</sup> Ed.

Bruman, A., Kéléké, S., Malonga, S., Miambi, E., Ampe, F. 1996. Microbiological and Biochemical characterization of yuca retting a traditioAnal lactic acid fermentation for foo-foo (yuca flour) production. *Appl Enviroment Microbiol.* 62: 2854-2858

Bousalem, M., Arnau, G., Hochu, I., Arnolin, R., Viader, V., Santoni, S., falta un autor y colaboradores. 2006. Microsatellite segregation analysis and cytogenetic evidence for tetrasomic inheritance in the American yam *Dioscorea trifidae* and a new basic chromosome number in the *Dioscoreae*. *Theor Appl Genet.* 113: 439-451.

Castro, G. 1974. Evaluación del mapuey morado (*Dioscorea trifidae* L.) como materia prima para la obtención mediante hidrólisis enzimática, de derivados amiláceos coloreados. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Caplice, E., Fitzgerald, G. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *Int J Food Microbiol.* 50: 131-149.

Covenin, 1981. Norma Venezolana 1787-96. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de acidez. Comisión Venezolana de normas industriales. Fondonorma. Venezuela.

Covenin, 1996. Norma Venezolana 1104-96. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia. Coli.* Comisión Venezolana de normas industriales. Fondonorma. Venezuela.

Covenin, 1996. Norma Venezolana 1644-93. Alimentos. Aislamiento y recuento de *Bacillus cereus.* Comisión Venezolana de normas industriales. Fondonorma. Venezuela.

Farhat, I.A., Oguntona, T., Neale, R.J. 1999. Characterisation of starches from West Africa yams. *J Sci Food Agr.* 79: 2105-2112.

Gnonlonfin, G.J.B., Hell, K., Fandohan, P., Siame, A.B. 2008. Mycroflora and natural occurrence of aflatoxins and fumonisin B<sub>1</sub> in yuca and yam chips from Benin, West Africa. *Int J Food Microbiol.* 122: 140-147.

Hower, R. 2000. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tubers and root starches: a review. *Carbohydr Polym.* 45: 253-267.

Martin, F., Degras, L.1978. Tropical yams and their potential. Tropical yams and their potential. Editorial USD Agr. Handb. Washington, Estados Unidos

Mercado, H., Nieto, M., Cánovas, B. 2001. Advances in dehydration of foods. *J Food Eng.* 49: 271-289.

Ogundana, S.K., Naqvi, S.H.Z. 1970. Fungi associated with soft rot of yams (*Dioscorea spp.*) in storage in Nigeria. *Trans Br Mycol Soc.* 54: 445-451.

Oh, M.H. 2006. Ecology of toxigenic *Bacillus* species in rice products. Tesis doctoral. Universidad de Nueva Gales del sur, Sidney, Australia.

Omnigho, S., Ikenebomeh, M. 1999. Effects of different preservative treatments on the chemical changes of pounded white yam (*Dioscorea rotundata*) in storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ . *Food Chem.* 68:201-209.

Oyewole, O.B., Ogundele, S.L. 2001. Effect of length of fermentation on the functional characteristics of fermented yuca "fufu". *J Food Technol.* 6:38-39.

Pérez, E. 2000. Determination of the correlation between amylose and phosphorus content and gelatinization profile of starches and flours obtained from edible tropical tubers using differential scanning calorimetry and atomic absorption spectroscopy. Tesis de Maestría. Universidad de Wisconsin-Stout, Menomie. Estados Unidos.

Perez, E., Bahnassey, Y.A., Breene, W.N. 1993. A simple laboratory scale method for isolation of Amaranth starch. *Starch-Starke.* 45:211-214.

Pérez, E.; Jiménez, Y.; Dufour, D.; Sanchez, T., Giraldo, A.; Gibert, O.; Reynex, M. 2009 Physical attributes and proximate composition of three varieties of *Dioscorea trifida* tubers and characterization of its waxy starches. En revisión para publicar.

Rached, L., Vizcarrondo, C., Roncón, A., Padilla, F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado.

Untermann, F., Muller, C. 1992. Influence of  $a_w$  value and storage temperature on the multiplication and enterotoxin formation of staphylococci in dry-cured raw hams. *Int J Food Microbiol.* 16: 109-105.

Vermeulen, A., Devlieghere, F., Bernaerts, K., Impe, J., Debevere J. 2007. Growth/No Growth models describing the influence of pH, lactic and acetic acid on lactic acid bacteria developed to determine the stability of acidified sauces. *Int J Food Microbiol.* 119: 258-269.



Zuluaga, M., Baena, Y., Mora, C, Ponc, L. 2007. Physicochemical characterization and application of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) starch as pharmaceutical excipient. *Starch-Starke*. 59: 307-317.

**Página consultada en la web:**

Ascheri, J. Determinación del tiempo óptimo de la fermentación del almidón de yuca [Accedido 2010 20 Enero]. Disponible en: URL: <http://www.estudiagratis.com/cursos-gratis-online-Determinacion-del-tiempo-optimo-fermentación-del-almidon-yuca-curso-9539.html>.

León, A., Rossel, C. De tales harinas, tales panes. [Accedido 2010 21 Abril]. Disponible en URL: [http://www.agro.unc.edu.ar/.../2006\\_De%20tales%20harinas%20tales%20panes.pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/.../2006_De%20tales%20harinas%20tales%20panes.pdf).

## ANEXOS



Figura XXIV. Muestras de mapuey provenientes del Amazonas.



Figura XXV. Extracción y purificación del almidón de mapuey blanco comercial

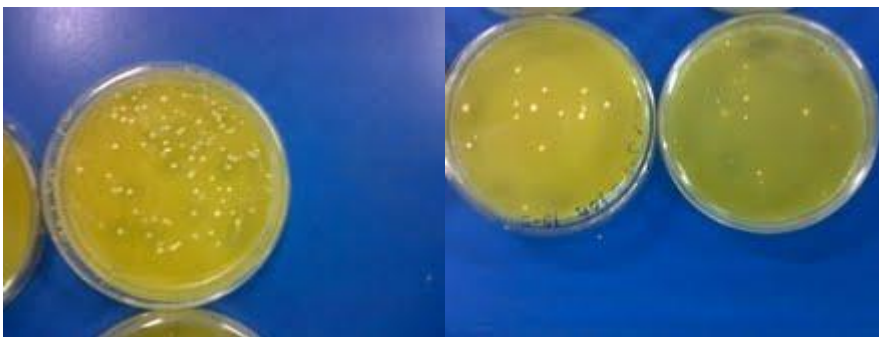
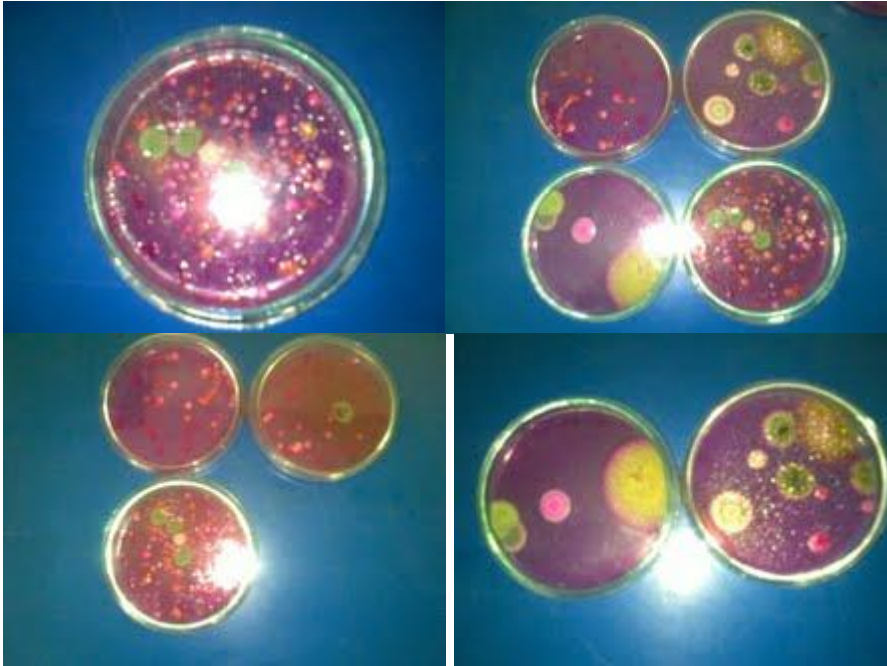


Figura XXVI. Especies de *Bacillus* spp. encontradas en los almidones de mapuey.



**Figura XXVII.** Mohos y levaduras presentes en la pulpa de las variedades de mapuey.