



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Extracción, caracterización y aplicación de
almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea
trifida*) originario de la región amazónica
colombiana para la elaboración de productos
horneados**

Harold Mauricio Acuña Pinto

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, D.C..
2012

Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados

Harold Mauricio Acuña Pinto

Código 107519

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Directora:

María Soledad Hernández Gómez, Ph. D.
Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA

Proyecto enmarcado en el Programa de Sostenibilidad e Intervención
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, D.C..
2012

A Dios, a mi familia que me ha apoyado
y han hecho esto posible.

A la Universidad Nacional por brindarme
educación de excelente calidad

Agradecimientos

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

- ANIBAL HERRERA, Ph.D. Director del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- MARIA SOLEDAD HERNANDEZ, Ph.D. Docente de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Directora del trabajo de grado. Por su dirección profesional en este trabajo, por su paciencia y calidad de persona
- LUZ PATRICIA RESTREPO, Docente de la Universidad Nacional de Colombia por su asesoría, dirección y desarrollo de la evaluación sensorial del producto horneado pan tipo pandebono.
- RAQUEL ORIANA DIAZ, Ingeniera Química, por su accesoria y ayuda incondicional durante este trabajo.
- PILAR MELENDEZ, Docente de la Universidad Nacional de Colombia, por su colaboración y asesoría en microbiología relacionado con el trabajo.
- JOSE WILSON CASTRO CASTRO, Ingeniero de Alimentos, auxiliar de la planta de vegetales del ICTA por su colaboración y disposición para el desarrollo de la experimentación de este trabajo.
- HELVER LESMES, Químico de la Universidad Nacional de Colombia, auxiliar de la planta de la facultad de Ingeniería química, por facilitar el uso del microscopio electrónico y sus recomendaciones de manejo.
- MARCELA CARRILLO, Coordinadora de laboratorio postcosecha del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, por permitir la determinación del análisis proximal primordial para esta investigación.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la aptitud tecnológica y uso potencial del ñame blanco (*Dioscorea trifida*) originario de la Amazonia colombiana en la industria alimentaria específicamente en la elaboración de un producto horneado pan tipo pandebono.

A los tubérculos se les realizó caracterización de forma, tamaño y peso, y análisis proximal. Además se determinó el rendimiento de extracción del almidón. Al almidón nativo se le realizó caracterización de análisis proximal, pureza, color y propiedades funcionales en las cuales se tuvo en cuenta como referencia el almidón nativo de yuca. De igual forma se comparó con el almidón agrio de yuca.

Al almidón agrio de ñame se le analizaron sus propiedades funcionales, se le realizó análisis microbiológico. El pan tipo pandebono elaborado con almidón agrio de ñame se comparó con el pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca; a los cuales se le realizó pruebas de panificación determinando el desarrollo del volumen específico y las celdas. También se realizó análisis de perfil de textura y evaluación sensorial de las características de calidad como apariencia y textura al tacto, aroma y sabor, y textura (interna) realizado por un panel semientrenado.

El almidón agrio de ñame se obtuvo mediante fermentación acidoláctica incubado con cultivo láctico MY800 LYO 5DCU CHOOZIT de DANISCO™ a 41°C, durante 21 días con pH final 3,82 y luego se llevó a secado en un deshidratador de bandejas por un día.

El poder de panificación del pan tipo pandebono con almidón de ñame variedad blanco desarrolló un volumen específico menor reflejando un poder de expansión menor que el pan tipo pandebono tradicional con almidón agrio de yuca. El tamaño de las celdas es pequeño, lo que evidencia un bajo desarrollo y un proceso incompleto de obtención del almidón agrio de ñame.

El pan tipo pandebono con almidón de ñame variedad blanco presentó buenas características de calidad como apariencia y textura al tacto, aroma sabor similares al pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca; caso contrario registró la textura (interna).

Palabras Clave: almidón nativo, almidón agrio, fermentación ácido láctica, lactobacilos, propiedades funcionales.

Abstract

The aim of this study was to characterize the technological aptitude and potential use of white yam (*Dioscorea trifida*) originating in the Colombian Amazon specifically in the food industry in developing a baked bread pandebono type.

Tubers were performed characterization of shape, size and weight, and proximal analysis. Also determined the starch extraction yield. When native starch characterization was performed proximate analysis, purity, color and functional properties of which were taken into account as reference native cassava starch. Similarly was compared with the sour cassava starch.

Yam sour starch was analyzed its functional properties and microbiological analysis was performed. The bread pandebono type made with sour starch yam was compared with bread pandebono type with sour cassava starch, to which was tested for baking determining specific volume development and the cells. Also we made texture profile analysis and sensory evaluation of the quality features like textured feel and appearance, aroma and flavor, and texture (internal) conducted by to semitrained panel.

The sour yam starch was obtained by lactic acid fermentation with lactic culture incubated MY800 LYO 5DCU CHOOZIT DANISCO™ at 41°C for 21 days with final pH 3.82 and then took to drying in a dehydrator tray for a day.

The power of baking bread pandebono type starch yam white variety development specific volume lower reflecting a expansion power less than bread pandebono type traditional with sour cassava starch. The size of cells is small, which shows a low development and an incomplete process of obtaining yam sour starch.

Bread pandebono type white variety with yam starch present good quality features like appearance and texture to the touch, aroma, flavor to bread pandebono type sour cassava starch silmilares, otherwise record the texture (internal).

Keywords: Native starch, sour starch, lactic acid fermentation, lactobacilli, functional properties.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Introducción	1
1. Objetivos	2
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
2. Marco teórico	5
2.1 Ñame (dioscorea trifida)	5
2.2 Almidón	6
2.3 Índices de calidad del almidón	10
2.4 Almidón agrio de yuca	10
2.4.1 Proceso de extracción de almidón de yuca	11
2.5 Almidón de ñame	14
2.6 Cultivos lácticos	14
2.7 Pan común	14
2.8 Pan tipo pandebono	15
3. Metodología de la experimentación	17
3.1 Método de extracción del almidón de ñame	17
3.2 Método de obtención de almidón agrio de ñame	20
3.3 Composición proximal del tubérculo de ñame y del almidón de ñame.	22
3.3.1 Determinación del contenido de humedad	22
3.3.2 Determinación del contenido de cenizas	23
3.3.3 Determinación del contenido de extracto etéreo	23
3.3.4 Determinación del contenido de fibra cruda	24
3.3.5 Determinación del contenido de proteína cruda	24
3.3.6 Determinación de carbohidratos totales	25
3.3.7 Determinación de pH	25
3.3.8 Determinación de acidez total	25
3.3.9 Determinación de color	25
3.3.10 Determinación de pureza del almidón	26
3.3.11 Evaluación micromorfológica de los almidones nativos y modificados.	26
3.3.12 Determinación de los índices de calidad del almidón	27
3.4 Método de elaboración del producto horneado tipo pan de bono.	27
3.5 Determinación de volumen específico	29

XII Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados

3.6 Determinación de textura	30
3.7 Evaluación sensorial del producto horneado	31
4. Resultados y discusión	33
4.1 Caracterización de los tuberculos de ñame (<i>dioscorea trifida</i>)	33
4.2 Caracterización del almidón nativo y almidón agrio de ñame	34
4.2.1 Fermentación del almidón nativo de ñame blanco (<i>dioscorea trifida</i>).	35
4.2.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN AGRIO DE ÑAME	38
4.2.3. EVALUACIÓN DE COLOR	38
4.2.4. Evaluación micromorfométrica de los almidones nativos y modificados	38
4.2.5. Propiedades funcionales	40
4.3 Prueba de panificación del pan tipo pan de bono	40
4.4 Volumen específico	43
4.5. Perfil de textura tpa	44
4.6. Evaluación sensorial del pan tipo pan de bono	46
5. Conclusiones y Recomendaciones	49
Anexo A. Ficha técnica cultivo láctico CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU	51
Anexo B. Ficha técnica del almidón agrio de yuca comercial.	53
Anexo C. Resultados del análisis microbiológico del almidón agrio de yuca.	55
Anexo D. Formato para evaluación sensorial de pan tipo pandebono.	56
Anexo E. Evaluación estadística para apariencia y textura al tacto.	58
Anexo F. Evaluación estadística para aroma y sabor.	59
Anexo G. Evaluación estadística para textura.	60
Referencias bibliográficas	61

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1. Estructura de amilosa.	7
Figura 2-2. Estructura de amilopectina.	8
Figura 2-3. Diagrama de flujo del método de obtención de almidón agrio de yuca.	13
Figura 3-1. Deshidratador de bandejas.	18
Figura 3-2. Molino de martillos nivel laboratorio.	18
Figura 3-3. Diagrama de flujo de la extracción del almidón de ñame.	19
Figura 3-4. Horno secador.	20
Figura 3-5. Almidón de ñame húmedo después de la fermentación.	21
Figura 3-6. Diagrama de flujo del método de obtención del almidón agrio de ñame.	21
Figura 3-7 Microscopio óptico.	26
Figura 3-8. Horno eléctrico.	28
Figura 3-9. Diagrama de flujo de la elaboración de producto horneado pan tipo pandebono.	29
Figura 3-10. Determinación de volumen específico del pan tipo pan de bono.	30
Figura 3-11. Texturómetro TA.TX plus.	30
Figura 4-1. Tubérculos de ñame blanco (<i>Dioscorea trifida</i>)	33
Figura 4-2. Fermentación del almidón de ñame	35
Figura 4-3. Comportamiento del pH del lote 1 de fermentación.	36
Figura 4-4. Comportamiento del pH del lote 2 de fermentación.	36
Figura 4-5. Almidón agrio de ñame después de la etapa de secado.	37

Figura 4-6. Gránulos de almidón nativo de ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).	39
Figura 4-7. Gránulos de almidón agrio de ñame (<i>Dioscorea trifida</i>).	39
Figura 4-8. Gránulos de almidón agrio de yuca (<i>Manihot esculenta</i>).	39
Figura 4-9: Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame sin hornear.	42
Figura 4-10. Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame.	42
Figura 4-11. Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.	42
Figura 4-12. Ensayo 2 pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame.	43
Figura 4-13. Formación de celdas en el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame	44
Figura 4-14. Formación de celdas en el pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca	44
Figura 4-15. Grafico del perfil de textura del primer ensayo almidón agrio de ñame blanco y almidón agrio de yuca.	45
Figura 3-16. Representación grafica de la evaluación sensorial obtenida de las características de calidad de las muestras de pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca.	48

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Clasificación taxonómica del ñame	6
Tabla 3-1. Métodos empleados en la determinación de análisis proximal, microscopia e índices de calidad.	22
Tabla 3-2. Formulación del pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.	29
Tabla 4-1. Pesos y rendimientos de la extracción del almidón de ñame.	34
Tabla 4-2. Resultados composición proximal del tubérculo de ñame.	34
Tabla 4-3. Resultados de la composición proximal del almidón nativo de ñame.	37
Tabla 4-4. Resultados de acidez del almidones nativo y agrio	38
TABLA 4-5. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN AGRIO DE ÑAME.	40
Tabla 4-6. Propiedades funcionales de los almidones nativos y agrios de ñame y yuca	
Tabla 4-7. Formulación del primer ensayo del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca.	41
Tabla 4-8. Formulación del segundo ensayo del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca.	
Tabla 4-9. Volumen específico de las diferentes clases de pan tipo pandebono.	41
Tabla 4-10. Características del perfil de textura TPA.	43
Tabla 4-11. Resultados de la evaluación sensorial del pan tipo pan de bono con almidón agrio de ñame y pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.	45
	47

Introducción

Mundialmente la industria alimentaria del sector del almidón y las harinas han estado condicionada a unos cuantos cultivos tradicionales: maíz, papa, trigo, arroz y yuca. Desde hace algún tiempo se ha venido estudiando la incorporación en productos alimenticios, de materias primas no convencionales, provenientes de raíces y tubérculos de origen local, que sean de importancia comercial y nutricional. El almidón aporta aproximadamente del 70 al 80% de las calorías consumidas por los seres humanos.

En Colombia existen gran variedad de productos agrícolas que son de vital importancia en la alimentación diaria; de los cuales los cereales y los tubérculos proporcionan carbohidratos esenciales en el desarrollo del ser humano, dentro de los tubérculos se considera el ñame blanco *Dioscorea trifida* como fuente importante de almidón. En el país el ñame blanco se cultiva en la región amazónica especialmente en el Vaupés, en predios de economía campesina con bajo nivel de tecnificación; por esta razón se considera un cultivo subutilizado. Razón por la cual se deben establecer opciones dirigidas a apoyar la recuperación de la tradición del consumo del ñame blanco cultivado en regiones marginales, pequeñas comunidades cercanas a la ciudad de Mitú del departamento de Vaupés.

De aquí se desprende el siguiente interrogante: ¿Es posible emplear almidón de ñame blanco en la industria alimentaria en especial el sector de panificación?

El uso sostenible de la biodiversidad está ligado fuertemente a la seguridad alimentaria; a partir de pequeños excedentes de las chagras se pueden proponer usos diversos de aprovechamiento e industrialización a pequeña y mediana industria y posibles usos del almidón agrio de ñame como un ingrediente sustituto del almidón agrio de yuca en los productos horneados como en el caso del pan tipo pandebono.

De esta manera es importante el desarrollo de investigaciones dirigidas a los productos amazónicos colombianos en especial tubérculos como el ñame blanco en la obtención de almidón para determinar su potencial en la industria alimentaria y otros posibles usos. Al aprovechar este potencial se beneficiaría el campesino por la demanda cada vez mayor de productos nativos y se generaría mayor desarrollo de la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Caracterizar la aptitud tecnológica y uso potencial en la industria alimentaria del ñame blanco procedente de la Amazonia colombiana.

1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar las propiedades bromatológicas de los tubérculos de ñame blanco (*Dioscorea trifida*) y de su almidón nativo.
2. Extraer almidón a partir de ñame blanco (*Dioscorea trifida*) de origen amazónico.
3. Modificar el almidón obtenido mediante fermentación láctica para obtener almidón agrio de ñame blanco.
4. Determinar índices de calidad del almidón nativo y modificado y a partir de estos establecer su aptitud tecnológica y evaluar su uso para la producción de un producto horneado tipo pan de bono.

2. Marco teórico

El uso de harinas y almidones obtenidos a partir de raíces y tubérculos del trópico como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos se ha convertido en una manera de promover e incrementar su producción y demanda de los mismos. (Pacheco y Techeira, 2009). Los almidones de raíces y tubérculos son más fáciles para extraer a diferencia de los almidones de cereales que demandan procesos industrializados más tecnificados.

2.1 Ñame (*Dioscorea trifida*)

El ñame pertenece a la familia Dioscoreaceae, del género *Dioscorea*, cuenta con más de 600 especies. Se distribuye por todas las regiones templadas y tropicales del mundo, la gran mayoría de especies son tropicales mientras que el resto se dan en las zonas templadas. Algunas de ellas, llamadas popularmente ñame, son cultivadas por sus tubérculos grandes que son ampliamente utilizados para la alimentación, siendo un producto básico para el consumo humano en Oceanía y el oeste de África. En Asia y África se cultiva desde hace ocho mil años, en tanto en las áreas tropicales de América es cultivado por los pueblos indígenas desde la época precolombina.

Existen diferentes especies adaptadas a diversos ecosistemas de acuerdo a su origen, como ejemplos hay *Dioscorea trifida* es nativa de América tropical, *Dioscorea rotundata*, *Dioscorea cayenensis*, *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea dometorum* son nativas de África occidental. *Dioscorea alata*, *Dioscorea esculenta* son nativas del sur de Asia. *Dioscorea opposita* y *D. japónica* son originarias de China.

En Colombia se pueden encontrar varias especies de ñame como el ñame criollo (*Dioscorea alata*), ñame espino (*Dioscorea rotundata*), ñame papa (*Dioscorea bulbifera*), ñame azúcar (*Dioscorea esculenta*) y ñampin (*Dioscorea trifida*). Se considera que *D. alata* y *D. rotundata* son las especies de mayor importancia tanto por el área sembrada como por la demanda del tubérculo, seguidas por *Dioscorea trifida* y las otras especies figuran como simples curiosidades. (Guzmán, M. y Buitrago G., 2000). En el país, el ñame se consume tradicionalmente en forma de sopa ó sancocho, en el cual se mezcla con yuca, plátano y carne de res o de gallina; cocido, como acompañante de carnes y pescado, combinada con queso, cuajada o suero de leche empleado en la preparación del “mote de queso” y en semana santa, en la preparación artesanal de tortas y dulces. en la región de la costa atlántica.

La variedad *Dioscorea trifida* es nativa de América tropical, es una planta enredadera, posee dos variedades morado y blanco se caracteriza por poseer pequeños rizomas con

longitud no más de 15 cm de largo, redondos o cónicos con pulpa blanca, amarilla o púrpura según la variedad. Los tallos son cuadrangulares, alados, sin espinas. (Castellanos, 1995). Se siembra en la región amazónica, especialmente en el departamento de Vaupés, en las comunidades cercanas a la ciudad de Mitú; de esta especie existen dos variedades, blanco y morado.

El tiempo de cosecha varía dependiendo del tipo de suelo y del abono, se pueden cosechar rápido, antes de tiempo sin que haya alcanzado su máximo desarrollo de tamaño, limitando un mayor aprovechamiento. En esta región lo consumen frito, cocido o en la elaboración de chicha. Las creencias de los pobladores influyen en el descenso del consumo de este tubérculo por su pensamiento que puede generar condiciones adversas en el sexo masculino. (Velásquez, 2011)

En Venezuela este tubérculo es conocido también con el nombre de mapuey.

La clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del ñame

Reino	Plantae
División	Espermatofita
Clase	Monocotiledonea
Orden	Dioscoreales
Familia	Dioscoreaceae
Género	<i>Dioscorea</i>
Especie	<i>trifida</i>

Fuente: Guzmán, M. y Buitrago G. (2000)

2.2 Almidón

Son los carbohidratos naturales que constituyen las reservas de nutrientes de las plantas, análogas al glicógeno animal y tienen la fórmula general $(C_6H_{10}O_5)_n$ donde n es probablemente no menor de 1000 (Kirk, 2004). Las características físicas y químicas específicas del almidón y sus aspectos nutricionales lo diferencian del resto de carbohidratos. Tanto la forma como el tamaño de los gránulos son característicos de la especie vegetal y pueden utilizarse para identificar el origen de un almidón o harina. (Coulter, T., 2007).

En términos de cantidad el almidón, después de la celulosa, es el carbohidrato más abundante en la naturaleza, y es el principal constituyente de la harina, en el trigo el almidón corresponde aproximadamente al 70%, y por esta razón es importante en los productos de panificación y pastelería. (Charley, 2001).

El almidón se presenta en forma de gránulos con forma redondeada, irregular, con tamaños que oscilan entre 2 y 100 μm . En los cereales y en otras plantas superiores, los gránulos se forman en plastidios denominados amiloplastos. (Hoseney, 1994).

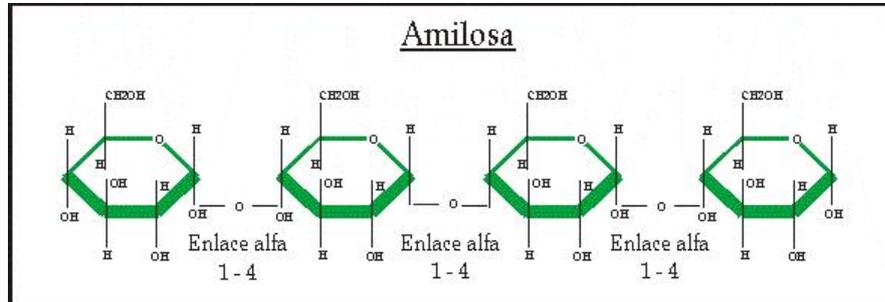
Las fuentes del almidón son los cereales, tubérculos, leguminosas y frutas; se encuentra en cantidades elevadas en frutas, como el plátano y en varias legumbres donde las transformaciones reversibles entre el almidón y glucosa que Intervienen en la maduración y después de la cosecha tienen una influencia notable sobre la calidad (Cheftel, Cheftel y Besançon, 1977) y la concentración del almidón varía según el estado de madurez.

Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido formado por un monómero único de glucosa, es una mezcla de dos polisacáridos similares, la amilosa y la amilopectina.

La amilosa es la molécula más simple representa alrededor de 20 - 25% en promedio del almidón, consta de una cadena lineal pero no recta, unidas por enlaces α -1-4-D-glucosídicos; es decir que la amilasa es una α -1-4-D-glucano, cuya unidad repetitiva es la α - maltosa con 250 a 2500 unidades de glucosa y pesos moleculares de hasta un millón de Daltones. También hay muchas moléculas de amilosa que poseen unas pocas cadenas ramificadas conectadas por enlaces α -1-6-D que son característicos de la amilopectina. La fracción de amilosa es ligeramente soluble en agua.

La estructura de amilosa se muestra en la figura 2-1.

Figura 2-1: Estructura de amilosa



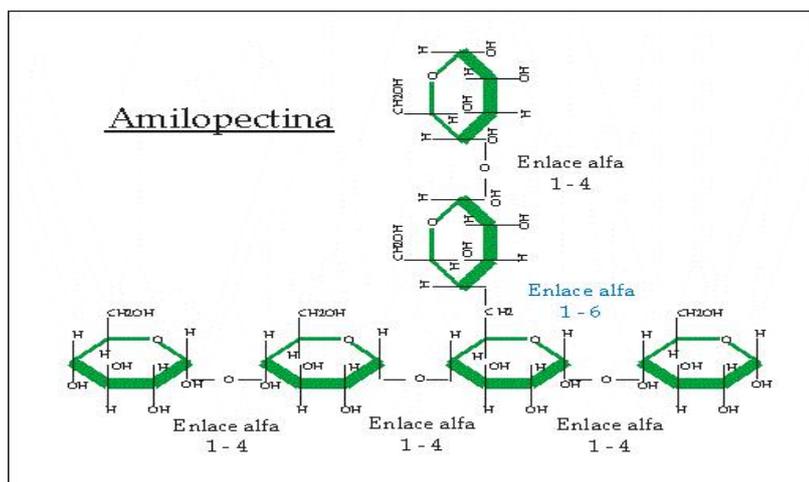
Fuente: Asociación de cerveceros artesanales de la República Argentina.

La amilopectina es una molécula mucho más grande que constituye hasta el 80% del almidón, contiene ramificaciones que le dan forma molecular similar a la de un árbol que están unidas a la amilosa por enlaces α -1-6 D-glucosídicos, localizados cada 15-25 unidades lineales de glucosa. El peso molecular es muy alto, con fracciones que llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones, aunque se han reportado pesos de entre 300000 y 500000 daltones. Algunos cereales como el, maíz o sorgo y el arroz tienen variedades "céreas" que están compuestas por casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. (Badui, 2006).

Los almidones denominados cerosos tales como los de hasta un 95-97% de amilopectina

La amilopeptina tiene la propiedad de ser fácilmente hinchable en agua caliente (SENA, 1983). La relación amilosa - amilopeptina es el principal factor que influye en el comportamiento funcional de un almidón. (Gelvez y Pulido, 1991). La estructura de amilopeptina se muestra en la figura 2-2.

Figura 2-2: Estructura de amilopeptina



Fuente: Asociación de cerveceros artesanales de la República Argentina.

El almidón en su estado natural no presenta hinchamiento de los gránulos al ponerlo en suspensión en agua fría, es insoluble y no presenta formación de gel. Por lo tanto un almidón en suspensión presenta baja viscosidad en frío. Al elevar la temperatura gradualmente por encima de cierto límite, los gránulos comienzan a hincharse y se hace soluble. A medida que se hinchan los gránulos la viscosidad aumenta. Cuando los gránulos de almidón se calientan en agua sufren un proceso que se denomina gelatinización. Este proceso es la transición de un estado molecular ordenado a otro desordenado. La pérdida de la organización va acompañada del hinchamiento irreversible de los gránulos, pérdida de birrefringencia y de la estructura cristalina.

El grado en que el almidón gelatiniza en el interior de los sistemas alimentarios depende de la cantidad de agua presente y de la intensidad del tratamiento térmico. En algunos productos de panadería, los gránulos de almidón pueden permanecer sin gelatinizar incluso si se calientan a temperaturas elevadas. En la corteza de algunas tartas y otros dulces que tienen una concentración alta de grasa y baja humedad, alrededor del 90% de los gránulos de almidón del trigo no gelatiniza. Sin embargo, en panes y dulces con un elevado contenido de humedad, gelatiniza alrededor del 96% de los gránulos de almidón

de trigo pero como se ha producido sin aplicar fuerza de cizalla, los gránulos, aunque pueden estar deformados, aún estén íntegros y pueden aislarse. (Fennema, 2010).

Jeantet, Schuck y Brule (2010) indican que el uso de almidones nativos tienen algunos inconvenientes que afectan a modificaciones que intervienen a lo largo de los tratamientos tecnológicos o del almacenamiento y alteran las características organolépticas de los productos terminados, como es el caso de algunos almidones de la papa (patata), la yuca (mandioca) o del maíz céreo que desarrollan una textura “pegajosa” y poco atractiva para el consumidor final.

El almidón modificado se define como los productos obtenidos de almidones nativos, en estado seco o húmedo, mediante reacciones químicas, físicas o enzimáticas, o de la combinación de estas en la forma adecuada generando cambios de las propiedades originales. (Ortiz, y Valderrama, 1977). Estas modificaciones se realizan con el fin de dar productos que presenten un amplio rango de propiedades como solubilidad, transparencia, opacidad, viscosidad, densidad poder de gelificación, etc.

Los almidones y los derivados de los almidones (almidones modificados) se pueden encontrar en muchos alimentos. Actúan como vehículos inertes en preparaciones como polvos para hornear y, como espesantes en alimentos procesados como salsas, sopas, caldillos, cremas que incluyen helados, pudines y repostería. Además pueden usarse como un sustituto de ingredientes como el huevo y el aceite vegetal en la preparación de productos referenciados como bajos en grasa y no grasos de aderezos, ej. ensalada. (Kirk, Sawyer y Egan, 2004).

Una de las modificaciones realizadas al almidón nativo o dulce es la producción de almidón agrio mediante la fermentación realizada por bacterias lácticas amilolíticas en condiciones de anaerobiosis; este almidón modificado confiere características favorables en sabor, textura, olor y expansión en el horneado. El almidón agrio se conoce en Colombia comercialmente distribuido en referencia al almidón agrio de yuca.

La fermentación es el más antiguo de los procesos aplicados a los cereales, generalmente se realiza mezclando los granos con agua para aumentar la humedad disponible para el desarrollo de bacterias acidolácticas y levaduras cuya acción biológica permite la mejora de características nutricionales y sensoriales de los productos. Estos procesos generalmente aumentan la digestibilidad y biodisponibilidad de los nutrientes presentes en la materia prima. Los granos enteros que se someten a estos procesos

para generar alimentos y bebidas que constituyen la base alimenticia especialmente en países en desarrollo incluyen el centeno, el sorgo, el maíz y el arroz, principalmente. (Wood, 2004).

2.3 Índices de calidad del almidón

Los almidones de buena calidad se caracterizan por poseer alto contenido de almidón y alta viscosidad de la pasta, tienen baja solubilidad, alta capacidad de retención de agua y un alto poder de hinchamiento. (Aristizábal, J. y Sánchez, T., 2007). Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón. (Alarcón y Dufour, 2002).

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad. Para conocer el potencial del uso industrial y alimenticio del almidón de yuca es fundamental comprender las propiedades funcionales del almidón. Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otras cosas.

2.4 Almidón agrio de yuca

El almidón nativo de yuca también se conoce como tapioca, se utiliza en la industria alimentaria como ligante de agua, coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos, espesante y agente texturizante. De acuerdo a sus propiedades también se emplea en alimentos extruidos y en rellenos de pasteles, como espesante en alimentos naturales y alimentos que no son sometidos a procesos rigurosos.

El almidón agrio de yuca es un producto obtenido por fermentación espontánea del almidón nativo de este tubérculo, con posterior secado con luz solar. En Colombia su producción se realiza en algunos municipios de los departamentos del Pacífico en Cauca y del Caribe en Córdoba y Sucre. Su producción es realizada en América Latina, particularmente en Brasil, Colombia, Ecuador y Paraguay. Esta actividad se realiza en

pequeñas unidades artesanales llamadas rallanderías que procesan entre 125 y 625 Kg de raíces frescas por hora. (Cadena, *et al.*, 2006)

El almidón agrio de yuca es un alimento fermentado tradicional empleado en la preparación de alimentos fritos y productos horneados, el pan de queso tradicional de Brasil; *Lactobacillus plantarum* y otras bacterias ácido lácticas (LAB) se han identificado como los microorganismos predominantes asociados con la fermentación espontánea del almidón de yuca. (Lacerda et al, 2005).

2.4.1 Proceso de extracción de almidón de yuca

Las actividades generales del proceso de elaboración del almidón nativo de yuca y del almidón agrio de yuca según Barragán, *et al* (N.D.); Alarcón y Dufour (2002) se describen a continuación:

- **Lavado.** Es una operación mecánica que consiste en retirar las impurezas adheridas en la cascarilla y materiales no deseados en el proceso.

- **Pelado.** En las rallanderías las raíces se pelan manualmente con cuchillos, es decir se despojan de la corteza interior (parénquima cortical) estando ya lavadas y sin la cascarilla. En otras rallanderías más desarrolladas el lavado y el pelado mecánico se ejecutan a la vez en un mismo equipo denominado lavadora/peladora cilíndrica donde las raíces de yuca reciben chorros de agua mientras se friccionan unas con otras y contra la lámina del tambor. Esta lámina posee agujeros rectangulares que permiten las salidas de los desechos del interior del tambor. El flujo de agua ayuda a desprender las impurezas y la cascarilla.

- **Rallado.** Esta operación tiene como objetivo liberar el almidón contenido dentro de las células, lo cual se realiza por medio de fuerzas de impacto y cizallamiento, logradas en un equipo que consta de un rodillo recubierto por una lámina perforada, en la cual los bordes de los agujeros tienen efecto cortante. Este equipo, llamado comúnmente “rallo”, es construido de materiales rústicos como madera y láminas galvanizadas. En el proceso también es necesaria el agua para facilitar la extracción, teniendo en cuenta que el almidón es soluble en agua, y por ende se emplea como solvente. La solución de agua, almidón y fibras desintegradas o “masa rallada” se agita antes de pasar a la próxima operación.

- **Colado y tamizado.** Esta operación consiste en separar la solución de agua y almidón y las fibras desintegradas. Se lleva a cabo en un equipo cilíndrico llamado coladora, donde la masa rallada es lavada con abundante agua, mientras el equipo gira sobre un eje. Esta combinación de agua y la fuerza centrífuga ejercida por los giros del equipo hace que la solución de agua y almidón se esparza hacia las paredes del cilindro, recubiertas de un cedazo o tela que deja pasar el almidón y retiene las fibras. Esta

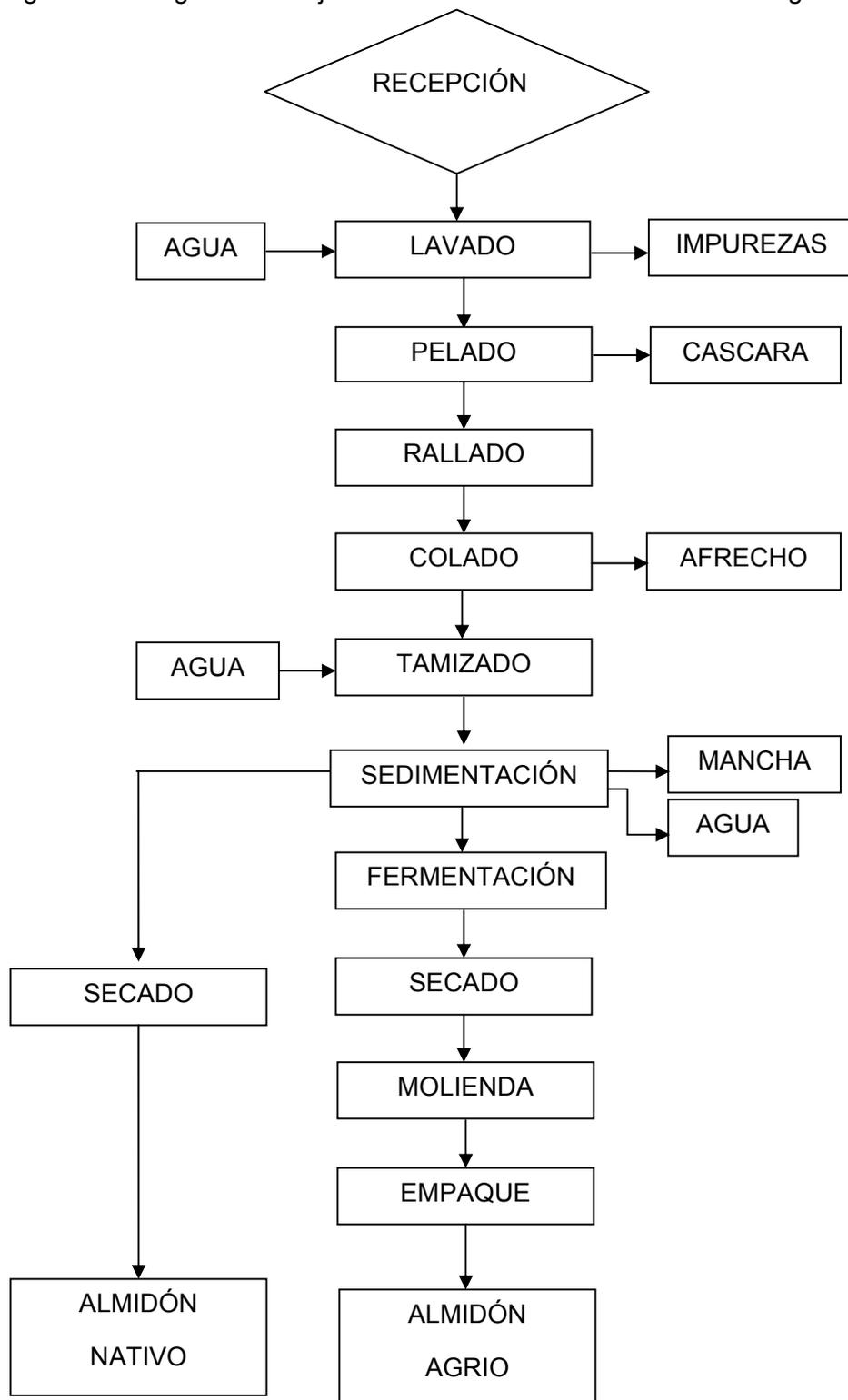
solución es obligada a pasar por un segundo tamiz vibratorio, que termina con la operación de tamizado y logra eliminar las impurezas que se hayan podido pasar en la coladora. Actualmente se están construyendo centrífugas que son más eficientes y logran obtener un producto de mejor calidad.

- **Sedimentación.** El objetivo de esta operación radica en sedimentar el almidón. La lechada de yuca rallada que sale de la coladora contiene almidón, fibra fina y material proteico en suspensión. Esta etapa se realiza normalmente en canales de sedimentación. Son canales con una leve inclinación, por donde es obligada a pasar la solución de agua y almidón; ésta fluye muy lentamente a través de aproximadamente 100m de canal, donde la fuerza de gravedad y la diferencia de densidad entre el almidón y el agua hacen que el almidón se precipite al fondo y vaya quedando acumulado en los primeros metros formando una masa húmeda y compacta. Después de formada la masa se realiza un lavado superficial, para restos microscópicos de fibra y elementos extraños al almidón. Dentro de esos elementos extraños se encuentra la “mancha” de arena. Para evitar esto se ubican en la entrada de los canales una pequeña caja desarenadora. En esta etapa también es posible utilizar equipos que aprovechan las fuerzas centrífugas para realizar la separación de agua y almidón.

- **Fermentación.** Esta etapa se realiza en tanques recubiertos de madera, donde el almidón es almacenado y privado de la presencia de oxígeno por medio de la capa de agua de 3^a 5cm. El almidón húmedo se almacena en estos tanques durante un tiempo que oscila entre 25 a 45 días, donde se produce una fermentación anaerobia generada por lactobacillus. Estas bacterias producen ácido láctico y cambios en las estructuras químicas y físicas del almidón, que le confieren características especiales para ser utilizado en la industria de alimentos.

- **Secado.** El almidón fermentado, al sacarlo de los tanques, se presenta en forma de bloques compactos, que deben ser desintegrados para poder obtener una superficie de contacto mayor y así facilitar la etapa de secado. Estos bloques son desintegrados en equipos cilíndricos de espas o a mano; después el almidón es esparcido sobre una superficie de cemento o plástico de polietileno de espesor N. 6 de color negro, en una densidad de 1 a 2 kg/m² donde son secados a la luz del sol, el tiempo de secado depende de las condiciones de luminosidad y climáticas de cada zona, pero normalmente dura entre 6 y 8 horas. El almidón agrio extraído debe poseer una humedad entre 7 y 10% como máximo, para poder ser empacado. El método de obtención del almidón agrio de yuca se muestra en la figura 2-3.

Figura 2-3: Diagrama de flujo del método de obtención de almidón agrio de yuca



2.5 Almidón de ñame

El ñame (*Dioscorea sp*) es un tubérculo amiláceo cultivado en Brasil en gran cantidad de regiones de clima tropical y subtropical para su consumo directo. (Leonel y cereda, 2002). Algunas industrias alimentarias lo usan para la obtención de almidón y como ingrediente en la preparación de papillas para bebe.

Según Pacheco, (2009) las harinas y almidones obtenidos a partir de diferentes variedades de ñame presentan ciertas propiedades funcionales, entre las cuales destaca la ausencia de un máximo de viscosidad y la estabilidad de las suspensiones a altas temperaturas y bajos valores de pH determinando su aplicación en la fabricación de productos que mantengan su viscosidad estable durante una fase de calentamiento constante como es el caso de las mezclas de sopas y pudines instantáneos.

De igual forma Hurtado, (1997) afirma que el almidón nativo de ñame posee gran resistencia a la esterilización que lo convierte en un recurso potencial para la industria alimentaria, en el desarrollo de productos que necesiten largos periodos de cocción.

El almidón nativo del ñame puede ser utilizado en la fabricación de alimentos tales como productos de panadería, salsas, mermeladas y productos congelados. (Montes et al, 2008).

2.6 Cultivos lácticos

Son microorganismos seleccionados que se emplean principalmente en las industrias lecheras en quesos, yogurt, kumis, etc. Pueden adquirirse en diversas formas, ya sean en líquidos frescos, congelados y liofilizados. Además, se pueden clasificar según el rango de temperatura en la cual posean su óptimo de crecimiento, y por ende de producción de acidez. Los cultivos lácticos mesófilos actúan a temperaturas de 20 a 30°C y los cultivos lácticos termófilos de 37 a 45°C.

Los cultivos lácticos liofilizados se preparan mediante desecación a partir de estado de congelamiento. Este método de conservación de los cultivos starter permite aumentar la seguridad de los cultivos conservados, garantizando un elevado número de microorganismos viables y un máximo porcentaje de supervivencia durante su almacenamiento en comparación con otros métodos de conservación como los cultivos deshidratados a vacío o por pulverización. (Tamime y Robinson, 1991). Actualmente se consiguen comercialmente cultivos liofilizados concentrados, de fácil uso para la inoculación directa de cultivos starter definitivos o para inoculación directa de la leche en el caso de la fabricación de yogur a pequeña escala.

2.7 Pan común

Según la norma ICONTEC 1363 se define el pan común como el producto poroso obtenido de la cocción de una masa preparada con una mezcla compuesta de harina de

trigo, levadura, agua potable y sal, la cual puede contener grasa de origen vegetal o animal, aceite hidrogenado, mantequilla, margarina lecitina, diastasa y clorhidrato de lisina y huevo.

La harina de trigo contiene gluten es la fracción lipoprotéica insoluble en agua que le confiere al producto su capacidad de hinchamiento. El gluten esta compuesto en gran parte por gliadina y glutelina; la primera comunica propiedades extensibles y la segunda propiedades elásticas a la masa de panificación; las cuales influyen directamente en la capacidad de panificación de la harina. (Bernal, 1994).

2.8 Pan tipo pandebono

Es un [panecillo](#) característico en la región del departamento del Valle del Cauca elaborado con harina de maíz, almidón agrio de yuca, queso y huevo.

En Colombia el almidón agrio obtenido de la yuca se emplea en la fabricación de productos horneados: panes tradicionales sin gluten como pan de bono, pan de yuca, besitos, rosquillas y otros de reciente aparición en el mercado como extruidos. (Alarcón y Dufour, 2002).

En Brasil, un producto muy parecido, excepto por la forma del panecillo, es el pão de queijo similar al pan de bono, tiene una textura esponjosa, de baja densidad y se endurece rápido, características que se atribuyen al uso de almidón de yuca fermentado, conocido en el Brasil como 'polvilho azedo', y obtenido en un proceso idéntico al que se emplea en Colombia. (Vargas, 2010).

3. Metodología de la experimentación

El ñame blanco (*Dioscorea trifida*) utilizado para el presente trabajo es originario de Mitú - Vaupés, obtenido por la subsección del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

Los tubérculos se analizaron de acuerdo a sus características físicas en cuanto a su forma, longitud, diámetros y peso. Se determinó la composición proximal como acidez total, humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda (N x 6,25). El almidón nativo extraído y el almidón agrio de ñame se evaluaron en su composición proximal como acidez total, humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda (N x 6,25), carbohidratos totales y pureza del almidón se determinó por diferencia, siguiendo la metodología oficial de la A.O.A.C. Además se realizó determinación de color del índice de blanco,

Se determinaron las propiedades funcionales como los índices de absorción de agua, de solubilidad en agua y el poder de hinchamiento de los almidones.

3.1 Método de extracción del almidón de ñame (*dioscorea trifida*)

La obtención del almidón nativo de ñame se producirá a partir de los tubérculos crudos congelados, utilizando el procedimiento reportado por Pacheco y Techeira, 2009.

El almidón se obtiene por un proceso de molienda húmeda en su mayoría; el proceso iniciará con la recepción de aproximadamente 8 kg de ñame variedad blanco *Dioscorea trifida* en las instalaciones de la planta de vegetales del ICTA, luego se realizó un lavado, se realizó un pelado manual con cuchillos separando la cascara o partes indeseables del ñame de la parte comestible, colocando las partes fraccionadas en forma de cuadros en un recipiente plástico, después se redujo el tamaño de partícula del ñame con agua en una proporción 1/10 en una licuadora industrial Hamilton Beach model. 990, luego se llevó a cabo el tamizado en un lienzo fino donde se extrajo el almidón soluble en agua del afrecho, se repitieron las dos operaciones anteriormente mencionadas cuatro veces hasta observar que el agua saliera translúcida, siendo este el indicador del fin de la etapa de macerado; el agua con el almidón se recogió en canecas plásticas, se dejó almacenado durante un día. Después se retiró el agua con afrecho, dejando solo almidón húmedo y se colocó en bandejas metálica para continuar con el secado empleando un

deshidratador de bandejas con convección forzada por aire caliente marca Chisholm-Ryder, N.Y. con una temperatura de 40°C durante 24 horas. El deshidratador de bandejas se muestra en la figura 3-1. Finalmente se le realizó molienda al almidón obtenido en un molino de martillos tipo MFC S1 marca JANKE & KUNKEL IKA Labortechnik con un tamiz de 1mm de diámetro. El molino de martillos se observan en la figura 3-2.

El anterior procedimiento se resume en la figura 3-3.

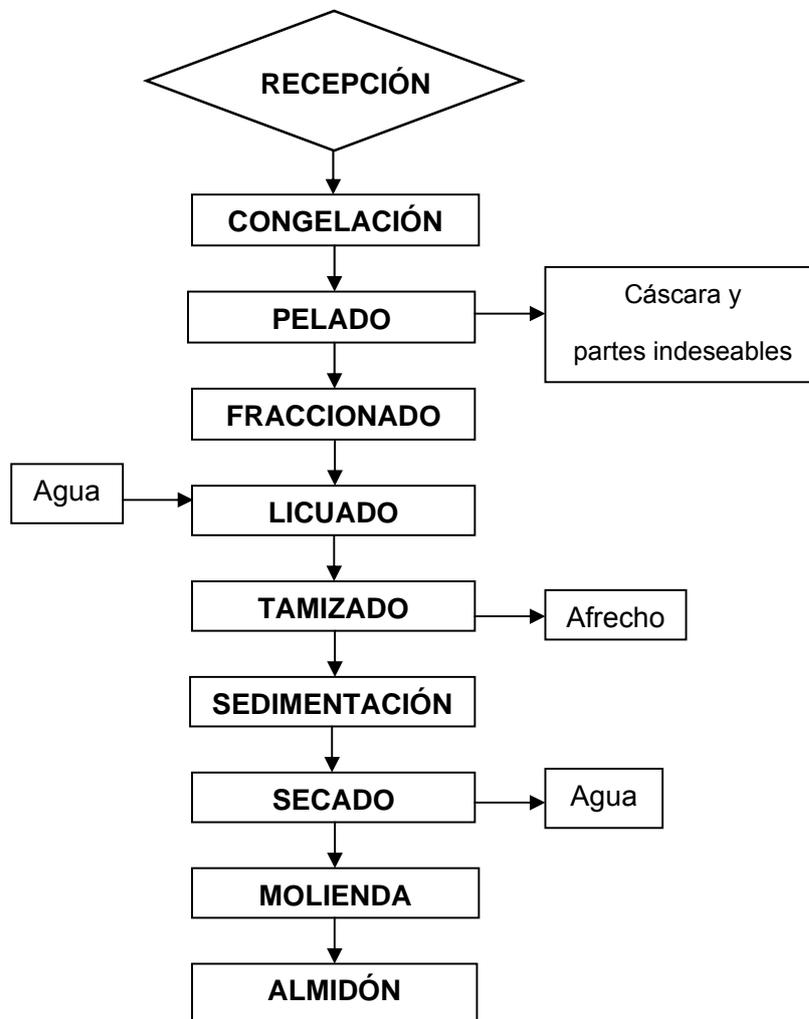
Figura 3-1: Deshidratador de bandejas



Figura 3-2: Molino de martillos nivel laboratorio



Figura 3-3: Diagrama de flujo de la extracción de almidón de ñame



El rendimiento obtenido de la extracción de almidón de ñame se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{Peso del almidón de ñame} / \text{Peso inicial del ñame de la porción comestible}) * 100$$

Donde el peso inicial de la porción comestible corresponde al tubérculo sin la cáscara.

3.2 Método de obtención de almidón agrio de ñame

El almidón agrio es obtenido del almidón nativo mediante un proceso de fermentación controlado de acuerdo a las siguientes condiciones.

En el primer lote se colocaron 555g de almidón nativo de ñame con el inóculo del cultivo comercial liofilizado para quesos CHOOZIT™ 800 LYO 5 DCU de Danisco compuesto de bacterias acidolácticas (ver Anexo 1) en recipientes estériles de vidrio con un sello o barrera de agua de 6 cm para garantizar la anaerobiosis (Sandoval, 2002). La fermentación se llevo a cabo en un rango de temperaturas de 20-40°C obtenida mediante un horno secador marca Raypa® durante 15 días o más hasta alcanzar un pH entre 3.5 y 4.0 (Vargas, 2010). El horno secador se muestra en la figura 2-4. El seguimiento del proceso se realizo mediante medición de pH con pH-metro marca Metrohm modelo pH lab827 previamente calibrado aproximadamente a 5g de la muestra homogenizada de almidón.

Después de finalizada la fermentación, se retiro el agua que conformo el sello de agua, esto se evidencia en la figura 2-5. El almidón fermentado se seco en un deshidratador de bandejas con convección forzada por aire caliente marca Chisholm-Ryder con temperatura de 40°C durante un día, esperando obtener un producto de 12 a 15% de humedad y finalmente se le realizo una molienda en un molino de martillos tipo MFC S1 marca JANKE & KUNKEL IKA Labortechnik con un tamiz de 0,001m de diámetro, 1mm de diámetro hasta obtener un polvo malla 20 (Tyler).

Figura 3-4: Horno secador



Figura 3-5: Almidón de ñame húmedo después de la fermentación



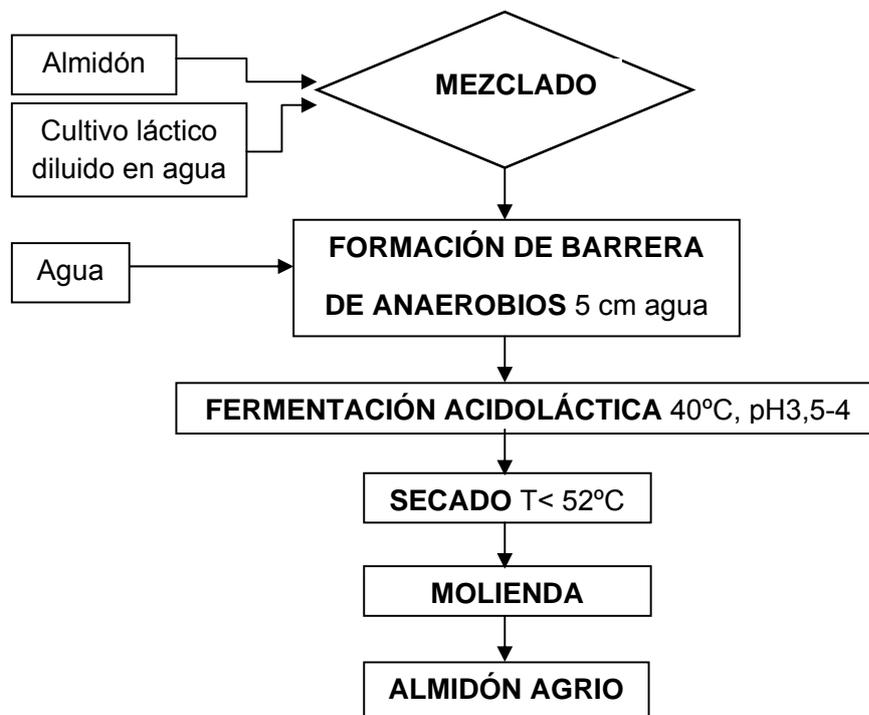
El método de obtención del almidón agrio de ñame se muestra en la figura3-6.

En el segundo lote se adicionaron 301,7g de almidón nativo de ñame.

La cantidad empleada de UFC/g inoculadas en el cultivo láctico en cada lote se calcularon con la siguiente ecuación:

$$\text{UFC/g} = \text{Unidades de Actividad Danisco (DCU)} / \text{peso del almidón a fermentar}$$

Figura 3-6: Diagrama de flujo del método de obtención del almidón agrio de ñame



Cada uno de los métodos de análisis de composición proximal del tubérculo y del almidón nativo de ñame, análisis de propiedades funcionales del almidón nativo y agrio de ñame y el análisis microbiológicos fueron realizados por triplicado a excepción del análisis de proteína cruda que se realizo por duplicado.

En el análisis microbiológico del almidón agrio se realizo determinación de mesófilos aerobios, mohos y levaduras y coliformes totales y coliformes fecales; estos análisis se eligieron teniendo presente la Norma Técnica Colombiana NTC 926 correspondiente a los análisis requeridos para el almidón de maíz.

Los métodos de análisis de composición proximal y el análisis de propiedades funcionales, se realizaron en el Instituto amazónico de investigaciones científicas Sinchi y en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA de la Universidad Nacional de Colombia. En la tabla 3-1 se resumen los métodos empleados en la determinación de análisis proximal, microscopia e índices de calidad que se van a realizar en el siguiente trabajo:

Tabla 3-1. Métodos empleados en la determinación de análisis proximal, microscopia e índices de calidad.

ANÁLISIS	MÉTODO	NORMATIVA
Acidez	I.A.L	
pH	A.O.A.C	10.041/84 945.10/90
Cenizas	A.O.A.C	923.03
Humedad	A.O.A.C	925.10/95
Extracto etéreo	A.O.A.C	920.39
Fibra cruda	A.O.A.C	962.09
Proteína	A.O.A.C	960.52
Pureza del almidón	Color instrumental (Hunter Lab microScan XE)	
Morfología de los gránulos de almidón	Microscopia Óptica	
Índice de absorción de agua	(Anderson <i>et al.</i> , 1969)	
Índice de solubilidad en agua	(Anderson <i>et al.</i> , 1969)	
Índice de poder de hinchamiento	(Anderson <i>et al.</i> , 1969)	

A.O.A.C: AMERICAN OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS.

I.A.L: INSTITUTO ADOLFO LUTZ

3.3 composición proximal del tuberculo de ñame y del almidón de ñame

3.3.1 Determinación del contenido de humedad

Inicialmente se rotulo y peso cada una de las cajas de petri y se registro su peso, luego se dispuso y peso aproximadamente 5g de muestra en cada caja de petri, se llevo la

muestra a secado en el horno secador durante 3 horas a temperatura de 105 °C, se retiro una de las muestras, se lleva al desecador durante 30 min. Después se peso y se realizo lo mismo con las otras muestras hasta obtener peso constante. Finalmente se registro el peso constante de la caja de petri con la muestra seca.

El % humedad se calculo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = (\text{peso de muestra húmeda} / \text{peso de muestra seca}) \times 100$$

3.3.2 Determinación del contenido de cenizas

Se Peso cada uno de los crisoles de porcelana, luego se Peso aproximadamente 2 g de muestra. se llevo la muestra a secado en la mufla durante 4 horas a temperatura de 550°C. Después se apago la mufla, se dejo durante medio día y finalmente se peso la muestra calcinada en cada crisol.

El % cenizas se determino con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = [(\text{peso del crisol} + \text{peso muestra calcinada}) / (\text{peso de la muestra seca})] \times 100$$

3.3.3 Determinación del contenido de extracto etéreo

Inicialmente se peso el dedal de papel filtro vacío y se registro su peso, se dispuso la muestra seca aproximadamente de 5 gramos en el dedal, se peso y registro el peso del sistema. Luego se dispuso el dedal con la muestra en la cámara de extracción, se lleno el balón con el éter de petróleo necesario para que en la cámara de extracción pueda haber efecto sifón. Después se calentó el sistema (balón en la manta de calentamiento) a 60°C durante al menos 5 horas, se dejo enfriar el sistema al ambiente. Después se extrajo el dedal con la muestra desengrasada y se llevo al horno de convección forzada de aire a una temperatura de 105°C por 1 hora, se coloco en el desecador durante 1 hora. Se prosiguió pesando el dedal con la muestra desengrasada y se registro el peso.

Finalmente el extracto etéreo obtenido en el balón se llevo a concentración en el rotoevaporador para recuperar el éter de petróleo usado como solvente de extracción. Finalmente se peso el extracto etéreo obtenido. El peso debe coincidir con la diferencia de peso entre el material seco y el material desengrasado.

$$\% \text{Extracto etéreo} = [(\text{Peso del dedal con muestra seca} - \text{peso del dedal con muestra desengrasada}) / (\text{peso de la muestra seca})] \times 100$$

3.3.4 Determinación del contenido de fibra cruda

Inicialmente se peso 3g de la muestra desengrasada y homogénea en el baso contenedor de muestra del equipo de determinación de fibra cruda. Se agrego 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25%, se desintegraron los grumos con un agitador de vidrio. Se cubrió el baso con el condensador de pera y se llevo a ebullición durante 30 min. Se filtro la solución en caliente a través del papel filtro, lavando el residuo con agua destilada.

Se llevo el residuo al vaso contenedor con ayuda de 100mL de agua destilada caliente, se agrego 100 mL de hidróxido de sodio al 1.25 %, se llevo a calentamiento en el montaje sin olvidar cubrir con el condensador de pera, se llevo a ebullición durante 30 minutos. Durante el procedimiento se peso un papel filtro y se llevo al horno de convección de aire forzado a 105°C durante 1hora. Se peso y se registro el peso del filtro vacío. Luego se filtro el líquido a través del papel filtro pesado, se lavo el papel filtro con el agitador de vidrio usando agua destilada caliente, se lavo con agua destilada hasta pH 9 – 7. Después se transfirió a una caja petri previamente pesada y se llevo el papel filtro con la muestra al horno de convección de aire forzado durante 3 h a 105°C. Finalmente se peso el sistema y se regreso al horno. Se coloco a secar a 105°C durante 15 minutos y se repitieron los pasos 11 y 12 hasta lograr peso constante. La fibra cruda se calculo con la siguiente ecuación.

%Fibra cruda= [(peso de la muestra seca desengrasada después de la doble digestión – peso de la muestra calcinada) / (peso de la muestra seca desengrasada)] x100

3.3.5 Determinación del contenido de proteína cruda

Se inicio pesando 0.8g ± 0.1g de muestra con aproximación de 0.0001 g, se coloco la muestra en el tubo de digestión., se adiciono 5g ± 1g de catalizador y 20 ml de ácido sulfúrico. Luego se llevo a digestión aproximadamente por 3 horas, hasta que la muestra tuvo un color verde intenso, se enfrió hasta que alcanzo temperatura ambiente, se diluyo la muestra y destilo agregando hidróxido de sodio en exceso. Se recogió el amoniaco producido en 30 ml de solución de ácido bórico (H₃BO₃) hasta completar 200 ml de solución. Finalmente se titulo esta solución con ácido clorhídrico hasta el viraje del indicador de Taschiro. El % de proteina se calcula con la siguiente ecuación:

$$\%P= 1.4VNF/ PM$$

Donde:

P: Proteína

V: Volumen gastado de HCl

N: Normalidad del HCl

F: Factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda es 6,5.

PM: Peso de la muestra.

3.3.6 Determinación de carbohidratos totales

Se determino por descuento, con base en la diferencia de 100 menos la sumatoria del contenido en %Humedad, %Proteína, %Grasa y %fibra cruda. El % de carbohidratos corresponde al almidón y se determino con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Carbohidratos Totales} = [100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína cruda} + \% \text{ grasa cruda} + \% \text{ ceniza})]$$

3.3.7 Determinación de Ph

Para determinar el pH se peso 5g de la muestra del almidón en proceso de fermentación y se dispuso en un beacker de 50 ml. Luego se Agito la muestra para obtener una homogenización. Después se Introdujo el potenciómetro digital en la muestra previamente calibrado con las soluciones buffer de pH 4 y 7. Al finalizar cada medida se dejo lavado el bulbo del potenciómetro.

3.3.8 Determinación de acidez total

La acidez (% ácido láctico) se determino según el método IAL (1985) por medio de una titulación potenciométrica con hidróxido de sodio al 0,1% a una muestra de 10g de la muestra del almidón y se dispuso en un beacker de 200 ml, luego se adiciono 20 ml de agua destilada y se agito hasta obtener una pasta fina, Se Adicionaron 80 ml de agua destilada más y se agito hasta obtener una muestra homogénea, se adiciono 4 gotas del indicador fenolftaleina al 1% en etanol y se confirmo el fin de la titulación con un valor de 8,2; previamente el potenciometro se habia calibrado con las soluciones buffer de pH 4 y 7. Al finalizar cada medida se dejo lavado el bulbo del potenciómetro. El cálculo de acidez total se determino de acuerdo a Suzanne (2009).

La acidez total se determino con la siguiente ecuación:

$$\%A = [(V_{\text{NaOH}} N_{\text{NaOH}} P_{\text{Eq}} / PM \times 1000)] \times 100$$

A: Acidez total

V: volumen consumido del agente valorante (ml)

N: normalidad del agente valorante NaOH (Meq/ml)

P_{Eq}: peso equivalente del acido predominante (mg/mEq)

PM: peso de la muestra (g)

1000: factor de conversión de miligramos a gramos (mg/g)

3.3.9 Determinación de color

La determinación de color se realizó según la metodología descrita en el Hunter Manual Lab. (2001) y Giese (1995), empleando el colorímetro HunterLab microscan calibrado con la placa blanca estándar (L = 94,64; a= -1,24 y b= 2,27).

El color reflejado se describió a partir de los parámetros: L*, a* y b*, utilizando el iluminante D65. A partir de los valores obtenidos de la escala CIEL*a*b* se determino el índice de blanco. El índice de blanco (IB), representa la blancura total de la muestra, de acuerdo a la ecuación descrita por Chin-Lin *et al.* (2003):

$$IB = 100 - \sqrt{((100 - L)^2 + a^2 + b^2)}$$

Donde:

L*: Representa el índice de luminosidad (100 = blanco y 0 = negro)

a*: Índice de longitud de onda predominante, mide los colores de rojo (+) a verde (-), y el 0 es neutro.

b*: Índice de longitud de onda predominante, mide los colores de amarillo (+) a azul (-) y 0 es neutro.

3.3.10 Determinación de pureza del almidón

La pureza del almidón se determino mediante la diferencia. La pureza se calculo con la siguiente ecuación

$$\% \text{Pureza} = [\% \text{ de humedad} - (\% \text{ humedad} + \% \text{ grasa cruda} + \% \text{ proteína cruda} + \% \text{ ceniza})]$$

3.3.11 Evaluación micromorfométrica de los almidones nativos y modificados

Se preparo inicialmente una solución de 5 gramos de almidón disuelto en 50 ml de agua destilada de la cual se coloco una gota de muestra homogenizada previamente en un portaobjetos donde se extendió. Las muestras son observadas en un microscopio óptico marca Olympus con software Analyze version con cámara de video infinity 1 lumenera para campo claro. Las microfotografías se tomaron con el objetivo de 40x. El microscopio óptico se muestra en la figura 3-7.

Figura 3-7: Microscopio óptico



3.3.12 Determinación de los índices de calidad del almidón

Consiste en la determinación de los Índices de absorción de agua, solubilidad en agua y el poder de hinchamiento. (Aristizábal, J. y Sánchez, T. 2007).

El almidón agrio de yuca comercial se considero como muestra testigo (blanco) para la determinación de los índices de calidad del almidón agrio de ñame blanco (*Dioscorea trifida*).

Inicialmente se pesaron los tubos de la centrifuga secos a temperatura de 60°C, se pesaron en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y se adicionaron exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y se agito (sin excederse). Luego se coloco en baño de agua a 60°C durante 30 minutos, después se agito la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. Se centrifugo a temperatura ambiente a 4900 RPM durante 30 minutos. Se decanto el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y se midio el volumen.

Posteriormente se tomo 10 mL del sobrenadante y se coloco en un vaso de precipitados de 50 mL, que ha sido previamente pesado. Se seco el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C. Finalmente se peso el tubo de la centrifuga con el gel y se peso el vaso de precipitados con los insolubles.

Los cálculos para determinar el índice de absorción de agua, el índice de solubilidad en agua y el poder de hinchamiento se muestran a continuación:

Índice de absorción de agua (IAA) = $\text{Peso del gel(g)} / \text{Peso muestra (g) bs}$

Índice de solubilidad en agua (ISA) = $\text{Peso solubles(g)} \times V \times 10 / \text{Peso muestra(g) bs}$

Poder de hinchamiento(PH) = $\text{Peso del gel(g)} / (\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles(g) bs})$

3.4 Método de elaboración del producto horneado tipo pan de bono

El producto horneado pan tipo pandebono que se realizó para este trabajo consistió en sustituir el almidón agrio de yuca comercial que es empleado tradicionalmente para la elaboración de este producto, por el almidón agrio de ñame blanco *Dioscorea trifida*. El producto obtenido se comparo con el pan tipo pandebono comercial.

El proceso de elaboración del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame inicio con la molienda del queso mediante un rallador metálico, seguido por la etapa del cernido de la harina de maíz, el almidón, después se continuo con la obtención de una crema con el amasado de la mantequilla y el azúcar mediante batido, luego se agrego a la crema poco a poco la harina y el queso cernidos, hasta obtener una masa suave consistente lista para moldear obtenido por medio de batido y amasado; se elaboraron bolas de aproximadamente 40g ubicadas en una bandeja engrasada previamente en un horno

eléctrico de dos resistencias tanto en la parte superior como inferior, el horno se precalentó a una temperatura de 180°C. En los dos ensayos se trabajó en los primeros 15 minutos con las 2 resistencias en intensidad media, luego los otros 15 minutos se colocaron las 2 resistencias en intensidad baja hasta que doraran. En el minuto 15 se le dio vuelta a la lata para lograr obtener un horneado homogéneo en las diferentes muestras de pan tipo pandebono. En la figura 3-9 se muestra el horno eléctrico.

Figura 3-8: Horno eléctrico



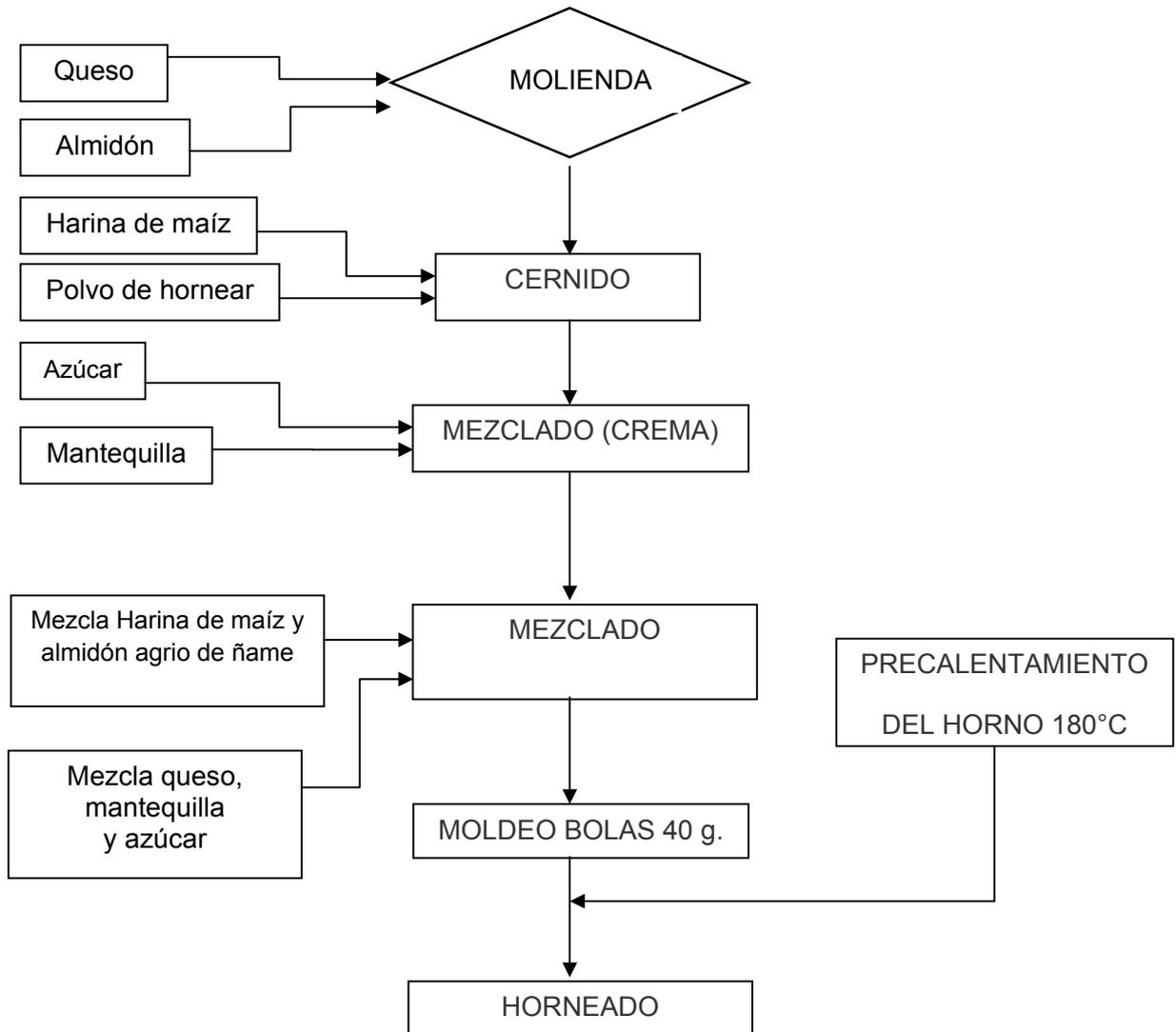
Esta metodología se resume en la figura 3-10 diagrama de flujo de la elaboración de producto horneado pan tipo pandebono.

La formulación del primer ensayo empleada para la elaboración del producto horneado pan tipo pandebono con almidón de ñame fermentado y almidón agrio de yuca comercial se realizó con base a una modificación de la investigación de Vargas, 2010; esta formulación se muestra en la tabla 3-3.

Tabla 3-2. Formulación del pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.

Cantidad	Ingrediente
50g	Harina de maíz
250g	Queso costeño rallado
125 g	Almidón agrio de ñame
110g	Leche entera UHT
25g	Mantequilla
15g	Azúcar

Figura 3-9: Diagrama de flujo de la elaboración de producto horneado pan tipo pandebono



3.5 Determinación de volumen específico

La determinación del volumen específico se inició pesando la muestra de pan tipo pandebono, el cual debe encontrarse a temperatura ambiente, como mínimo se puede medir después de 2 horas de horneado. Luego se llenó un vaso precipitado de 800ml con semillas de millo hasta alcanzar el volumen a ras de 600 ml, después se introdujo la muestra en el interior del beacker de tal forma que quedara totalmente cubierto por las semillas. Se extrajeron las semillas que sobrepasaron el volumen de 600 ml y finalmente se determinó el volumen de las mismas mediante una probeta. En la figura 3-10 se evidencia el método.

Figura 3-10: Determinación de volumen específico del pan tipo pandebono



3.6 Determinación de textura

El análisis de perfil instrumental de textura (TPA) se realizó empleando el texturómetro TA.TX plus, UK (*Stable microsistemas*) mediante compresión uniaxial en dos ciclos, con 5 segundos de descanso entre ciclos aplicada a las muestras de pan tipo pandebono empleando la sonda circular P/75 de 75mm de diámetro, específico para TPA. Las muestras de pan tipo pan de bono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca comercial se evaluarán por triplicado.

El análisis del perfil de textura (TPA) permite evaluar de forma objetiva las propiedades mecánicas del pan tipo pandebono, ofreciendo la obtención simultánea de varios parámetros. Las propiedades mecánicas se manifiestan por la reacción del pan tipo pandebono al estrés generado por una presión ejercida por el texturómetro, simulando la fuerza de masticación. Los parámetros evaluados son dureza (fuerza necesaria para alcanzar la deformación predeterminada, fracturabilidad y elasticidad (capacidad del material para recuperar su estado original tras su deformación).

El texturómetro TA.TX plus se puede apreciar en la figura 3-8

Figura 3-11: Texturómetro TA.TX plus



3.7 Evaluación sensorial del producto horneado

El método usado en este trabajo es el de escores o puntajes indicado por Mahecha, (1985); con el fin de evaluar la calidad global del producto alimenticio. En esta prueba se tuvo en cuenta como muestra testigo pan tipo pandebono comercial elaborado con almidón de yuca. Debido a la variabilidad de los resultados, las pruebas sensoriales se deben analizar estadísticamente; el factor de confianza empleado corresponde al 95%.

El formato empleado en la evaluación sensorial del producto horneado pan tipo pandebono se realizó de acuerdo a Mahecha, 1985; Anzaldúa, 1994.

Los atributos sensoriales evaluados en este trabajo son apariencia y textura al tacto, aroma y sabor y textura (interna). Para el manejo de los datos se empleó el programa Excel, se aplicó la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.

Las hipótesis planteadas para los atributos sensoriales de calidad del pan tipo pandebono elaborado con almidón agrio de ñame con respecto al pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca se presentan a continuación:

- **Hipótesis nula (H_0):** se consideran las dos muestras comparadas (pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca) como iguales.
- **Hipótesis alterna (H_1):** se consideran las dos muestras comparadas (pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca) como diferentes.

4. Resultados y Discusión

4.1 Caracterización de los tubérculos de ñame (*dioscorea trifida*)

La caracterización del ñame inicio determinando la forma de los tubérculos observando diversas formas desde redondos, cónicos y algunos curvos.

Los tubérculos del ñame poseen un peso promedio de 110g, una longitud promedio de 18,7cm, diámetro polar no mayor de 4,4cm y un diámetro ecuatorial no mayor de 4,6.

Figura 4-1: Tubérculos de ñame blanco (*Dioscorea trifida*)



El rendimiento de extracción (BH) del almidón de ñame obtenido es 24,8% en comparación con el rendimiento teórico de yuca (*manihot esculenta crantz*) de 28,9% (Hurtado, 1997) es alto. Los pesos y rendimientos del proceso de la extracción del ñame se exponen en la tabla 4-1.

Tabla 4-1. Pesos y rendimientos de la extracción del almidón de ñame

Pesos y rendimientos	Cantidad
Peso inicial de ñame (kg)	7899,5
Peso de las cáscaras (kg)	3262,4
Peso de almidón extraído (kg)	1151,56
Rendimiento en base húmeda (%)	24,8
Rendimiento en base seca (%)	79,7

Los resultados de la composición proximal del tubérculo de ñame se muestran en la tabla 4-2.

Tabla 4-2. Resultados composición proximal del tubérculo de ñame.

Parámetros	Cantidad
Humedad	68,9% ±3,2
Cenizas	0,9%± 0,04
Grasa	0,4% ± 0,6
Fibra cruda	5,1% ± 1,2
Proteína cruda	2,2% ± 0,1
Carbohidratos totales	27,6%

4.2 Caracterización del almidón nativo y almidón agrio de ñame

Los resultados de la composición proximal del almidón de ñame se muestran en la tabla 4-3.

Tabla 4-3. Resultados de la composición proximal del almidón nativo de ñame.

PARAMETROS	VALOR
Humedad	10,1% ± 0,05
Cenizas	0,1% ± 0,05
Grasa	6,7% ± 0,04
Fibra bruta	1,0% ± 0,2
Proteína	0,8% ± 0,1
Carbohidratos totales	81%

Los contenidos hallados en el almidón nativo de ñame en cuanto a proteína (0,8%) es bajo, fibra bruta (1%) es bajo y cenizas (0,1%) son bajos. El contenido de carbohidratos

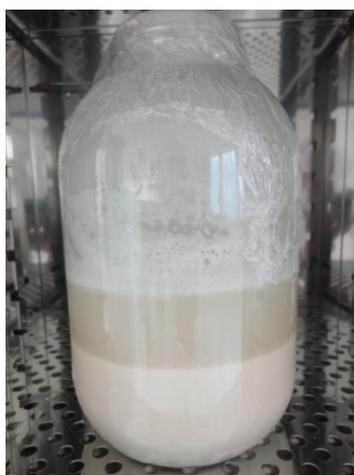
totales (81%) y la pureza del almidón nativo de ñame de 91,4% sugiere que el ñame (*Dioscorea trifida*) es buena fuente de almidón.

4.2.1 Fermentación del almidón nativo de ñame blanco (*dioscorea trifida*)

La fermentación se llevó a cabo inoculando un cultivo láctico empleado para la elaboración de quesos, el cual está compuesto por *Lactobacillus delbrueckii* subsp-*Bulgaricus*, Subs. *Delbrueckii* *Streptococcus* Subs. *Thermophilus* (Anexo 1) corresponde a bacterias homofermentativas

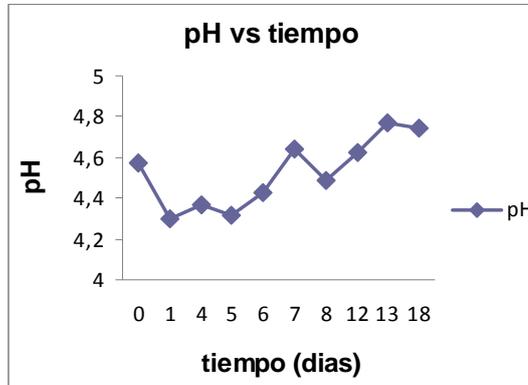
Al primer lote se le inoculo 9×10^7 UFC/g de cultivo láctico, la fermentación ácido láctica del almidón nativo de ñame presento un pH de 4,57, luego presento un comportamiento sin tendencia definida finalizando con un pH de 4,74 que al contrario de bajar a pH mínimo de 4,0, característico de un almidón agrio subió el pH. La recomendación de temperatura de fermentación ácido láctica del almidón corresponde a 40°C, la fermentación del lote 1 inicio con temperaturas de 20°C para el acondicionamiento del cultivo láctico y luego se incubo a 30°C para el desarrollo de la fermentación lo cual a estas temperaturas pudo haber favorecido el crecimiento de microorganismos aerobios como levaduras. La etapa de fermentación del almidón de ñame se puede observar en la figura 4-2. La fermentación del primer lote tuvo una duración de 18 días.

Figura 4-2: Fermentación del almidón de ñame



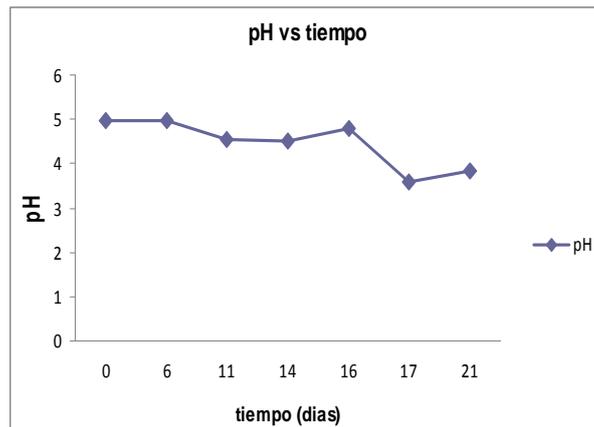
Los resultados de pH del lote 1 se grafica en la figura 4-3.

Figura 4-3: Comportamiento de pH del lote 1 de fermentación.



Al segundo lote se le inoculo $1,6 \times 10^8$ UFC/g de cultivo láctico, la fermentación inicio con pH inicial de 4,96 con temperatura de 41°C, en el transcurso de la fermentación mantuvo un comportamiento decreciente finalizando con pH 3,82 y una duración de 21 días, que esta dentro de lo esperado como punto de finalización. En el desarrollo de la fermentación se percibe un olor fuerte rancio característico. El comportamiento de pH del lote 2 se grafica en la figura 3-4.

Figura 4-4: Comportamiento del pH del lote 2 de fermentación.



se presentó una fermentación mixta tanto acidoláctica como alcohólica en menor grado, se afirma lo siguiente conforme a los resultados del análisis microbiológico de acuerdo a la cantidad levaduras presentes.

el almidón agrio de ñame después de la etapa de secado sin moler se muestra en la figura 4-5.

Figura 4-5: Almidón agrio de ñame después de la etapa de secado



La acidez del almidón agrio de ñame desarrollo menos acidez que el almidón agrio de yuca; ya que se detuvo la fermentación al alcanzar el pH de 3,82, además por las mismas condiciones que genera el cultivo láctico en la fermentación muy diferente a la producida por la microbiota nativa de la yuca (*Manihot esculenta*) compuesta por bacterias amilolíticas como *Lactobacillus* en especial *Lactobacillus plantarum* y algunas levaduras amilolíticas. La acidez total presenta una relación inversa con el pH, lo cual quiere decir que a mayor pH menor % de acidez total.

Los resultados de acidez del almidón nativo de ñame, almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca aparecen a continuación en la tabla 4-4.

Tabla 4-4. Resultados de acidez del almidones nativo y agrio.

Acidez	Almidón Nativo de ñame	Almidón Agrio de Ñame	Almidón Agrio de yuca
% Acido málico	0,15	-	-
% Acido láctico	-	0,06	0,66

4.2.2 Análisis microbiológico del almidón agrio de ñame

Los resultados microbiológico del almidón agrio de ñame (*Dioscorea trifida*) evidencian el crecimiento representativo de mohos y levaduras y en el recuento de mesofilos se deduce que se encuentran los lactobacilos. Los resultados se muestran en la tabla 4-5.

Tabla 4-5. Resultados de análisis microbiológico del almidón agrio de ñame.

Análisis	Método	Resultado
NMP Coliformes Totales ufc/g o ml	NMP INVIMA N.13	<3
Recuento de mesófilos	Recuento en placa INVIMA N.2	>300000
Recuento de Mohos y levaduras	Recuento INVIMA N.10	>200000

4.2.3. Evaluación de color

El índice de blanco del almidón nativo de ñame es de $84,7 \pm 0,06$ revelando un color amarillo crema leve y no el color blanco característico del almidón de yuca.

4.2.4. Evaluación micromorfométrica de los almidones nativos y modificados

El granulo de todos los almidones es característico de cada fuente vegetal; mediante el examen microscópico de los gránulos de almidón se evidencia la forma y el tamaño; el almidón nativo de ñame o modificado (agrio) tiene forma de hipérbola y en el caso de los gránulos del almidón agrio de yuca presenta una forma circular.

El tamaño de los gránulos de almidón nativo y agrio de ñame blanco es superior a los gránulos de almidón agrio de yuca (mandioca) con respecto a lo observado en el campo de visión del microscopio. Los gránulos muestran anillos, estriaciones concéntricas que indican una estructura en capas los cuales son más notorios en el almidón agrio de yuca comercial. En la evaluación microscópica no se ven diferencias entre el almidón nativo y el almidón agrio de ñame.

Los gránulos de almidón nativo de ñame se muestran en la figura 3-6, del almidón agrio de ñame en la figura 4-7 y del almidón agrio de yuca comercial en la figura 4-8.

Figura 4-6: Gránulos de almidón nativo de ñame (*Dioscorea trifida*)

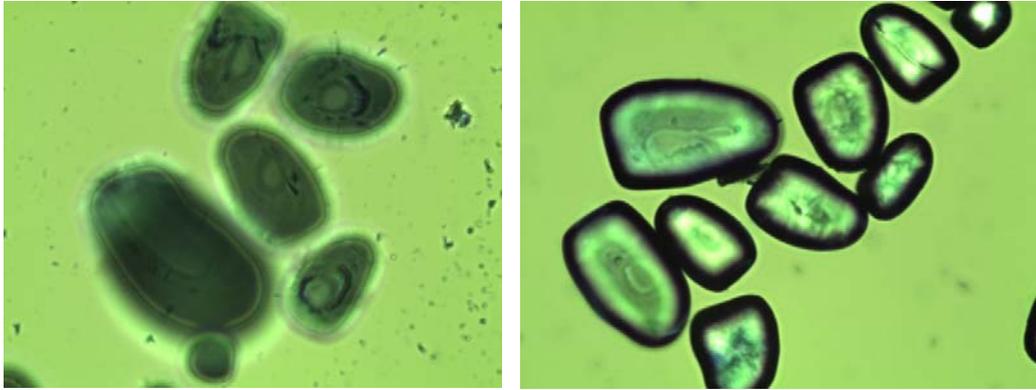


Figura 4-7: Gránulos de almidón agrio de ñame (*Dioscorea trifida*)

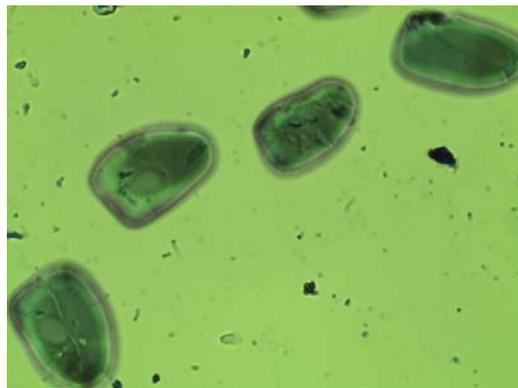
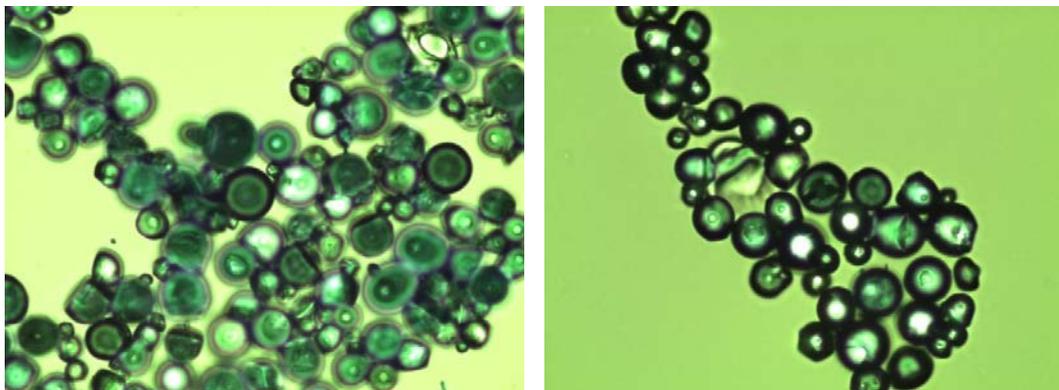


Figura 4-8: Gránulos de almidón agrio de yuca (*Manihot esculenta*).



4.2.5. Propiedades funcionales

El pan tipo pandebono se preparo con harina de maíz, la cual carece de gluten a diferencia de la harina de trigo, por esta razón son importantes las propiedades funcionales de los almidones para lograr una expansión y textura característica para la elaboración de productos horneados. Las propiedades funcionales de los almidones nativos y agrios de ñame y yuca se muestran en la tabla 4-6. El almidón dulce o nativo de yuca se tomo como referencia.

Tabla 4-6. Propiedades funcionales de los almidones nativos y agrios de ñame y yuca

Muestras/ Pruebas	Índice de Absorción de agua (IAA)	Índice de solubilidad en agua (ISA)	Poder de Hinchamiento (PH)
Almidón nativo de ñame	2,65 ± 2,64	0,73 ± 76,71	2,66 ±2,25
Almidón agrio de ñame	2,26 ± 13,7	3,66 ±22,1	2,40 ±12,9
Ñame nativo de yuca	2,69 ±5,20	0,61± 70,5	2,69 ±5,20
Ñame agrio de yuca	5,57 ±4,13	2,11 ±37	5,62 ± 3,74

El almidón agrio de ñame presento en general buenos índices de calidad teniendo en cuenta los valores similares al almidón agrio de yuca, como el poder de hinchamiento y el índice de absorción de agua (IAA); el IAA de los almidones nativos esta relacionado con la fuente biológica, con el tamaño y la forma del granulo según como afirman Lindeboom, N., P.R. Chang y R.T. Tyler, 2004. El índice de solubilidad en agua es mucho mayor en el almidón agrio de ñame, que en el almidón agrio de yuca superando los índices de calidad asignados para el almidón de yuca.

4.3 Prueba de panificación del pan tipo pan de bono

Para observar el comportamiento y la calidad del pan tipo pandebono se llevaron a cabo dos ensayos de pruebas de panificación.

La formulación del primer ensayo del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame blanco se muestra en la tabla 3-7. La formulación que se realizo con el almidón agrio de yuca es similar al del almidón agrio de ñame blanco.

Tabla 4-7. Formulación del primer ensayo del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca.

Cantidad	Ingredientes
36g	Harina de maíz
180g	Queso costeño rallado
90g	Almidón agrio de ñame
110g	Leche entera UHT
20g	Mantequilla
12g	Azúcar

El contenido de sal que aporta el queso costeño es alto generando un sabor salado en el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame; por esta razón se realiza una segunda formulación donde se disminuye la cantidad de queso costeño a la mitad y se combinó con queso campesino. La formulación del segundo ensayo del pan tipo pandebono con almidón de ñame se muestra en la tabla 4-8.

Tabla 4-8. Formulación del segundo ensayo del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame.

Cantidad	Ingredientes
36g	Harina de maíz
90g	Queso costeño rallado
90g	Queso campesino
90g	Almidón agrio de ñame
105g	Leche entera UHT
18g	Mantequilla
10,8g	Azúcar

El pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame preparado en el primer ensayo antes de hornear se puede observar en la figura 4-9, después de hornear en la figura 4-10 y del almidón agrio de yuca en la figura 4-11.

Figura 4-9: Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame sin hornear.



Figura 4-10: Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame blanco horneado.



Figura 4-11. Ensayo 1 pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.



El pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame preparado en el segundo ensayo se muestra en la figura 4-12.

Figura 4-12. Ensayo 2 pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.



4.4 Volumen específico

El volumen específico de las diferentes clases de pan tipo pandebono elaborados en el lote 1 se muestran en la tabla 4-9.

Tabla 4-9: Volumen específico de las diferentes clases de pan tipo pandebono

Clases de pan tipo pandebono	Volumen específico
Pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame	1,09± 0,15
Pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca	2,24± 0,2
Pan tipo pandebono comercial	2,03± 0,04

El volumen específico del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame es menor que en el pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca. La formación de las celdas de gas en el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame se muestra en la figura 3-13 y del pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca se observa en la figura 4-14.

Figura 4-13. Formación de celdas en el pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca



De igual forma en el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame presento una sola celda de gas, en comparación al pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca que presento celdas de gas de gran tamaño que favorecen la expansión de este producto.

Esto se puede explicar a que la etapa de secado en el deshidratador de bandejas no fue suficiente para la obtención de almidón agrio característico para este tipo de productos. De acuerdo a esta situación Dufour, *et al* (1996) han realizado investigaciones sobre el almidón agrio de yuca, explican que el almidón secado al sol influye en las propiedades fisicoquímicas del almidón agrio, presenta alta retrogradación y que posee gran potencial de panificación gracias a la exposición a la radiación solar y que esto no puede alcanzarse mediante un secado en un horno.

De igual forma Demiate *et al* (2000) manifiestan que el almidón agrio de yuca secado al sol favorece la obtención de productos de panificación con gran volumen específico.

4.5. Perfil de textura TPA

En el análisis del perfil de textura del primer ensayo del pan tipo pandebono se evidencia que el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame requirió mayor fuerza de compresión presentando mayor dureza en una magnitud de orden de 10 veces mayor que el elaborado con almidón agrio de yuca, lo cual se percibió también en la evaluación sensorial. De manera similar se encontró con a fracturabilidad que fue alta y que incidió en la condición quebradiza, del producto elaborado. Además las otras características evaluadas del pan tipo pan de bono con almidón agrio de ñame se observo baja elasticidad, lo cual explica su baja flexibilidad al ser presionado y retomar su forma original, baja cohesividad y requirió mayor masticabilidad en el momento de consumirlo, relacionado con el escaso desarrollo de celdas de gas. En el caso del pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca presento baja dureza, no registro fracturabilidad lo que explica su condición no quebradiza, tiene mayor elasticidad lo que explica su

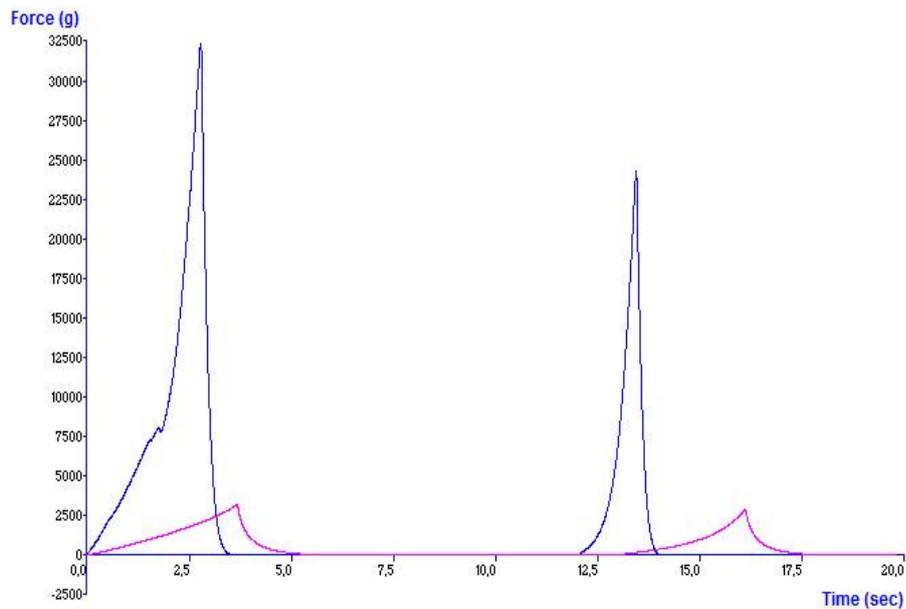
flexibilidad en el momento de presionarlo y retornar a su forma original, tiene mayor cohesividad, presento menor masticabilidad lo que explica que necesito menor esfuerzo al consumirlo y presento un valor un poco mayor de resiliencia.

Estos resultados de textura se presentan en la tabla 4-10 y en la figura 4-15.

Tabla 4-10. Características del perfil de textura TPA

CARACTERÍSTICAS /PRODUCTO	PAN TIPO PANDEBONO DE ÑAME	PAN TIPO PANDEBONO DE YUCA
DUREZA (GF)	29492,59	2973,03
FRACTURABILIDAD (GF)	9291,78	NO REGISTRA
ADHESIVIDAD (GF)	-1,713	-0,157
ELASTICIDAD (GF)	0,507	0,886
COHESIVIDAD (GF)	0,353	0,641
MASTICABILIDAD (GF)	5733,80	1686,92
RESILENCIA (GF)	0,192	0,242

Figura 4-15. Grafico del perfil de textura del primer ensayo almidón agrio de ñame blanco y almidón agrio de yuca



4.6. Evaluación sensorial del pan tipo pan de bono

Los atributos sensoriales evaluados en el producto horneado pan tipo pandebono fueron apariencia y textura al tacto, aroma y sabor y textura (interna). El pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame en cuanto a apariencia y textura al tacto presento un color crema amarillo, con corteza delgada y fue blando al tacto, similar al pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca, por lo tanto se consideran que las dos muestras son iguales. El aroma y sabor que presento fue poco sabor a queso, más sabor a fermento y un poco salado, calificado de forma similar al pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca comercial, siendo esta la razón que hace que se consideren las dos muestras como iguales. La textura (interna) que presento el pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame fue dura, quebradiza y desarrollo solo una celda, caso contrario a la textura que presento el pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca comercial que fue blanda, suave, con celdas uniformes y buen tamaño por lo cual se consideran que las dos muestras fueron diferentes. Esta característica de calidad es marcada por lo cual lo convierte en un producto horneado diferente al elaborado con almidón agrio de yuca comercial que presento una textura blanda, flexible, con buena expansión y agradable para el consumo. Por esta razón se afirma que el almidón agrio de ñame debe ser evaluado en sus características finales, asociadas al método de secado adecuado y eficaz para obtener almidón agrio funcional que tenga aplicación en productos horneados como pan tipo pandebono.

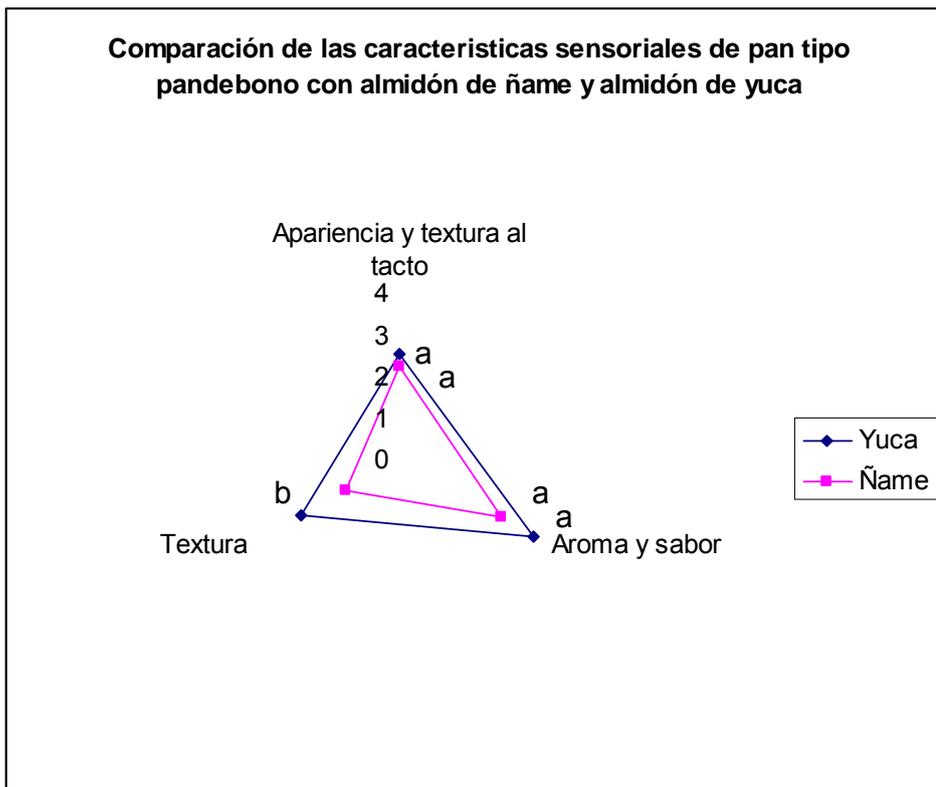
En la tabla 4-11 se resumen los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de del pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame identificado con el número 418 y del pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca identificado con el número 131 evaluados por un panel semientrenado integrado por seis panelistas.

Tabla 4-11. Resultados de la evaluación sensorial del pan tipo pan de bono con almidón agrio de ñame y pan tipo pandebono con almidón agrio de yuca.

	MUESTRAS	131	418
	Panelistas	Calificación	
Apariencia y textura	1	3	2
	2	2	3
	3	2	2
	4	3	1
	5	3	2
	6	2	3
	Media	2,5	2,2
Aroma y sabor	1	4	4
	2	3	3
	3	4	3
	4	4	1
	5	3	3
	6	4	3
	Media	3,7	2,8
Textura	1	3	3
	2	2	1
	3	3	2
	4	2	1
	5	3	1
	6	3	1
	Media	2,7	1,5

La representación grafica de la evaluación sensorial se muestra en la figura 4-16.

Figura 4-16. Representación grafica de la evaluación sensorial obtenida de las características de calidad de las muestras de pan tipo pandebono con almidón agrio de ñame y almidón agrio de yuca.



5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El ñame (*Dioscorea trifida*) es un tubérculo biodisponible en Colombia, presento un rendimiento de extracción de 24,8% lo que lo convierte en una fuente potencial para la extracción de almidón nativo representa una alternativa como ingrediente en la industria alimentaría, en especial la panificación; de esta forma se le da valor agregado a este cultivo en la región.

Los contenidos hallados en el almidón nativo de ñame en cuanto a proteína (0,8%) es bajo, fibra bruta (1%) es bajo, cenizas (0,1%) es bajo, el contenido de carbohidratos totales (81%) y la pureza del almidón nativo de ñame de 91,4%, por lo cual se sugiere que el ñame blanco (*Dioscorea trifida*) es buena fuente de almidón.

Los gránulos de almidón nativo y agrio de ñame modificado (agrio) poseen forma de hipérbolo, y tienen un tamaño superior al almidón agrio de yuca.

El almidón agrio de ñame presento en general buenos índices de calidad expresado en propiedades funcionales teniendo en cuenta los valores similares al almidón agrio de yuca, como el poder de hinchamiento y el índice de absorción de agua (IAA). El índice de solubilidad en agua es mucho mayor en el almidón agrio de ñame, que en el almidón agrio de yuca superando los índices de calidad asignados para el almidón de yuca.

El poder de panificación del pan tipo pan de bono con almidón agrio de ñame variedad blanco desarrollo un volumen específico menor reflejando un poder de expansión menor, con el desarrollo de solo una celda de gas que el pan tipo pandebono tradicional con almidón agrio de yuca. Lo que evidencia un proceso incompleto de obtención del almidón agrio de ñame.

El pan de bono con almidón de ñame variedad blanco *Dioscorea trifida* presento buenas características de calidad en cuanto apariencia y textura al tacto con color crema amarillo, corteza delgada y blando al tacto; el aroma y sabor con poco sabor a queso, con sabor a fermento y algo salado.

La textura interna del pan tipo pandebono con almidón de ñame posee una dureza considerable que lo hace quebradizo, duro en su interior, con solo una celda; lo cual lo hace diferente al elaborado con almidón agrio de ñame, no es favorable para este tipo de

producto horneado comercial que presenta una textura blanda, flexible, con buen desarrollo de celdas de gas, buena expansión y es agradable para el consumo. Por esta razón se manifiesta que el producto elaborado en este trabajo no sirve hasta que se obtenga un método de secado eficiente comparable con el generado a la exposición solar que produce un almidón agrio funcional para la elaboración del producto horneado pan tipo pandebono.

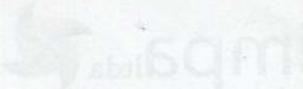
5.2 Recomendaciones

- ❖ Evaluar el secado por otros métodos del almidón agrio de ñame como el secado convección natural, secado al sol y otros para determinar si las características son diferentes y favorecen el expandido característico de un pan tipo pandebono comercial.
- ❖ Determinar la relación amilosa/amilopectina en el almidón de ñame que imparten características definitivas en las propiedades funcionales.
- ❖ Aislar la bacteria acidoláctica *Lactobacillus plantarum*, e inocularla para realizar la fermentación del almidón nativo de ñame para obtener almidón agrio con el fin de evaluar y comparar los resultados obtenidos con un cultivo láctico comercial.
- ❖ A nivel de exportación a E.U.A. se requiere que el almidón de ñame extraído sea analizado microbiológicamente de acuerdo a las normas (National Canners Association) donde se evalúa el recuento total de esporas termófilas, esporas acidificantes sin producción de gas, esporas termófilas y esporas de alteración sulfhídrica.

A. Anexo: Ficha técnica CULTIVO LÁCTICO CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU



Insumos y tecnología para la industria alimentaria



CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU
CHOOZIT™ Cheese Cultures

Description

Freeze-dried concentrated lactic starter for the direct vat inoculation of milk and milk bases.

Usage levels

Product	Dose
Fermented milk	20 DCU / 100 l of vat milk
Reblochon type	5 - 8 DCU / 100 l of vat milk
Specialities soft cheese, semi-hard cheese	5 - 8 DCU / 100 l of vat milk

Temperature: 42°C

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines. Supplement cultures may be required depending on technology, fat content and product properties desired. We do not accept any liability in case of undue application.

Directions for use

Store at temperature < 4 °C in dry atmosphere. When stored at negative temperature, keep the sachet at room temperature for 30 to 60 minutes before opening. If not, the performance of the culture is affected. Prolonged exposure at room temperature will reduce performances. Check before use that the culture is in powder form. Add directly to the manufacturing milk as soon as the agitation blades of the vat are covered with milk. Avoid foam and air introduction in the milk.

Important recommendations:
If the product has formed a solid mass, it should be discarded. To keep bacteriophage contamination under control, ensure plant and equipments are cleaned and disinfected with appropriate products at regular intervals to limit bacteriophage concentration level. Avoid any system that brings back part of end products to the beginning of the processing line in order to limit phage propagation.
We do not accept any liability in case of undue application.

Composition

Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Properties

- Freeze dried form facilitates the storage and handling of cultures.
- CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU is a blend of selected strains for direct vat inoculation of manufacturing milk, they have been carefully chosen and combined to answer your specific needs in term of acidification, texture and taste.
- Cultures in the CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU gives quick acidification to pH 4.70 - 4.60 and then, a slower acidification to reach lower pH. This characteristic allows a good pH control for a constant optimised quality product.

Physical/chemical specifications

Quantitative/Activity standard

Test medium:
Sterilised reconstituted milk (12% solids)
Heated 20 min at 110 °C. Standardised to pH 6.60

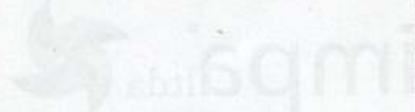
Temperature: 42 °C
Inoculation rate: 20 DCU / 100 l
Delta pH: 1.00
Time to reach the delta pH: <= 3 hours

CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU - 105001694 - Parque Agroindustrial de Occidente, Bdo. 97 - Tel: 091 894 9225 - cimpa@cimpaltda.com - www.cimpaltda.com



cimpa ltda

Insumos y tecnología para la industria alimentaria



abissqmi

LABORATORIO DE ANÁLISIS

CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU
CHOOZIT™ Cheese Cultures

Microbiological specifications

Microbiological quality control - standard values and methods

Coliforms	< 10 / g [1]
Enterococci	< 20 / g [2]
Yeasts	< 10 / g [3]
Moulds	< 10 / g [3]
Staphylococci coagulase positive	< 10 / g [4]
Listeria monocytogenes	neg. / 25 g [5]
Salmonella	neg. / 25 g [6]

[1] NF V08-015, IDF 73A-1985
[2] Gelose bile esculine sodium azide / 48 h at 37 °C
[3] NF V08-022, IDF 94B-1991
[4] NF V08-057, IDF 145A-1997
[5] NF V08-055, IDF 143A-1990
[6] NF V08-052, IDF 93B-1985

Storage

18 months from date of production at <= 4 °C

Packaging

Sachets made with three layers of material (polyethylene, aluminium, polyester). The following information is printed on each sachet: product name, pack size, batch n° and shelf life.

Quantity

Shipment cartons each containing 50 sachets

Purity and legal status

CHOOZIT™ MY 800 LYO 5 DCU meets the specification laid down by the EU legislation. Label food regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country.

Safety and handling

MSDS is available on request

Kosher status

KOSHER O-U-D

Allergens

Below table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof (according to Directive 2002/13/EC as amended):

Yes	No	Allergens	Description of components
	X	cereals containing gluten	
	X	crustacean shellfish	
	X	eggs	
	X	fish	
	X	peanuts	
	X	soybeans	
	X	milk (including lactose)	
	X	nuts	
	X	celery	
	X	mustard	
	X	sesame seeds	
	X	sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)	

Additional information

ISO 9001 certified

BOJX - 20 2097 - MOSQUERA - Parque Agroindustrial de Occidente, Bogotá - Tel: 091 891 8228 - cimpa@cimpa.com - www.cimpa.com

B. Anexo: Ficha técnica del almidón agro de yuca comercial

QUESERA SAN JUAN
Gabriel Acevedo Garzón

FICHA TECNICA ALMIDON AGRO DE YUCA																	
NOMBRE DEL PRODUCTO	ALMIDON AGRO DE YUCA																
PROVEEDOR	Vereda la Agustina, Municipio de Santander de Quilichao Valle del Cauca.																
CLASIFICACION	ALMIDON DE YUCA																
DEFINICION	Almidón de yuca fermentado. Secado mediante un proceso natural. Después de su fabricación se emplea para la elaboración de productos de panadería.																
CONTENIDO NUTRICIONAL	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANALISIS</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td>8,0g/100g</td> </tr> <tr> <td>Proteína bruta</td> <td>0,7 g/100g</td> </tr> <tr> <td>Fibra cruda</td> <td>0,2 g/100g</td> </tr> <tr> <td>Graas</td> <td>0,5 g/100g</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td>90,1 g/100g</td> </tr> <tr> <td>cenizas</td> <td>0,5 g/100g</td> </tr> <tr> <td>Calorías</td> <td>367,7 Kcal/100g</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: AMC. Análisis de Colombia Ltda.</p>	ANALISIS	RESULTADO	Agua	8,0g/100g	Proteína bruta	0,7 g/100g	Fibra cruda	0,2 g/100g	Graas	0,5 g/100g	Carbohidratos	90,1 g/100g	cenizas	0,5 g/100g	Calorías	367,7 Kcal/100g
ANALISIS	RESULTADO																
Agua	8,0g/100g																
Proteína bruta	0,7 g/100g																
Fibra cruda	0,2 g/100g																
Graas	0,5 g/100g																
Carbohidratos	90,1 g/100g																
cenizas	0,5 g/100g																
Calorías	367,7 Kcal/100g																
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y MORFOLOGICAS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETROS</th> <th>RANGOS ESTABLECIDOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad</td> <td>12% -14 %</td> </tr> <tr> <td>Acidez (PH)</td> <td>3,5 - 4</td> </tr> <tr> <td>Amilasa</td> <td>21,5 %*</td> </tr> <tr> <td>Gelatinización</td> <td>63,3 °C</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad máx.</td> <td>482 (U.B)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: CIAT.</p>	PARAMETROS	RANGOS ESTABLECIDOS	Humedad	12% -14 %	Acidez (PH)	3,5 - 4	Amilasa	21,5 %*	Gelatinización	63,3 °C	Viscosidad máx.	482 (U.B)				
PARAMETROS	RANGOS ESTABLECIDOS																
Humedad	12% -14 %																
Acidez (PH)	3,5 - 4																
Amilasa	21,5 %*																
Gelatinización	63,3 °C																
Viscosidad máx.	482 (U.B)																
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETROS</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recuento total de mesófilos (UFC)/g</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>Recuento total de coliformes (NMP)/g</td> <td>< 3</td> </tr> <tr> <td>Coliformes fecales (NMP)/g</td> <td>< 3</td> </tr> <tr> <td>Mohos y levaduras (UFC)/g</td> <td>< 10</td> </tr> <tr> <td>Estafilococos coagulasa positiva (UFC)/g</td> <td>< 100</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: AMC. Análisis de Colombia Ltda. Se realiza cada seis meses.</p>	PARAMETROS	RESULTADO	Recuento total de mesófilos (UFC)/g	1.000	Recuento total de coliformes (NMP)/g	< 3	Coliformes fecales (NMP)/g	< 3	Mohos y levaduras (UFC)/g	< 10	Estafilococos coagulasa positiva (UFC)/g	< 100				
PARAMETROS	RESULTADO																
Recuento total de mesófilos (UFC)/g	1.000																
Recuento total de coliformes (NMP)/g	< 3																
Coliformes fecales (NMP)/g	< 3																
Mohos y levaduras (UFC)/g	< 10																
Estafilococos coagulasa positiva (UFC)/g	< 100																
DESCRIPCION DEL PROCESO	<p>Proceso para la elaboración del producto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. recepción de las raíces frescas 2. lavado. 3. rallado. 4. colado o tamizado. 5. sedimentación en canales. 6. fermentación en tanques. 7. secado al sol. 8. empaçado 																
CRITERIOS DE CALIDAD	<p>EXPANSIÓN (PP): capacidad del almidón para crecer durante el horneado (Poder de Panificación).</p> <p>PUREZA: Libre de material extraño (piedras, palos, hojas, insectos, pelos etc.).</p> <p>COLOR: blanco</p> <p>TEXTURA: granular de forma esférica.</p>																

TRANS (CRA.) 22 No. 17 - 15 PALDQUEMAO PBX: 360 0771 - TELS: 237 7939 - 277 7002 - FAX: 277 7164 BOGOTÁ, D.C.

QUESERA SAN JUAN
Gabriel Acevedo Garzón

FICHA TECNICA
NOMBRE DEL PRODUCTO



FICHA TECNICA
ALMIDON AGRIO DE YUCA

ESCALA DE CALIFICACION	BUENO: almidón Extra. Su poder de expansión en panadería es excelente.
REACCIONES ALERGICAS	REGULAR: almidón Corriente. Su poder de expansión en panadería es bueno. No se han detectado reacciones alérgicas, ni toxicidad por el consumo excesivo del producto elaborado con dicho almidón. La razón por la cual los alimentos ricos en almidón son más eficaces que otros para digerir el almidón de forma completa, y a posibles reacciones alérgicas. El proceso de elaboración, es totalmente artesanal 100% natural sin adición de químicos.
ALMACENAMIENTO	A medio ambiente (25°C a 30°C), libre de humedad.
DISTRIBUCION	En carros que cumplan con la norma para evitar el deterioro del producto.
TIEMPO DE VIDA UTIL	El producto tiene una duración sanitaria de 6 meses.
PRESENTACIONES COMERCIALES	Bultos: a conveniencia del cliente.
TIPO DE EMPAQUE	Bolsa de polietileno calibre 2 y 3. Bolsa de papel craft. 12.5 kg. Saco de fibra de polietileno. 50 kg.
FORMA DE CONSUMO Y CONSUMIDORES POTENCIALES	Materia prima exclusiva para elaborar productos de panadería, como pan de bono, pan de yuca, rosquillas, besitos (snack), pan de queso, etc. Los grandes consumidores son: queseras, panaderías, industrias de pasabocas, intermediarios, etc.
ELABORADO POR	APROBADO POR
GENEY TRUJILLO MORENO Ingeniera de Alimentos Aseguramiento de Calidad	MAURICIO ACEVEDO Gerente

DESCRIPCION DEL PROCESO

CATEGORIAS DE CALIDAD

TRANS. (CRA.) 22 No. 17 - 15 PALOQUEMAO PBX: 360 0771 - TELS: 237 7939 - 277 7002 - FAX: 277 7164 BOGOTA, D.C.

C. Anexo: Resultados del análisis microbiológico del almidón agrario del ñame



INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
LABORATORIO MICROBIOLOGICO

REPORTES DE ANALISIS MICROBIOLOGICOS

Consecutivo No. 10-349

I. Información del usuario:

Nombre de la entidad, Trabajo de investigación, Proyecto en ciencia y tecnología de alimentos.	Fecha de recepción de la muestra: 25/07/2012
NIT: Entidad/Rio, Cédulas: 80727400	Solicitado por: Harold Mauricio Acosta Pardo.
Dirección Entidad:	Ciudad: BOGOTÁ
	e-mail: hmaurmg@unal.edu.co
	Teléfono: 2873376

II. Identificación de la(s) muestra(s):

Descripción de la muestra, Almidón fermentado de ñame.	F. de vencimiento: NR	F. de producción: NR	Cantidad: 100g	No.
Código Muestra: 10 009	Lot#: NR	Valor:		

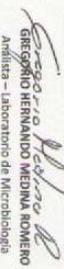
III. Resultados de los análisis de Laboratorio Microbiológico

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO	V. REFERENCIA*
NMP Coliformes Totales ufc/g y ml	NMP INVIMA N.13	<3	/
NMP Coliformes Fecales ufc/g y ml	NMP INVIMA N.14	/	/
Recuento de Mesófilos	Recuento en placa INVIMA N. 2	>300000	/
Estafilococo coagulasa (+) ufc/g y mL	Recuento en placa INVIMA N.8	/	/
Detección de <i>Salmonella</i>	Detección de <i>Salmonella</i> INVIMA N. 18	/	/
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	Recuento en placa INVIMA N. 9	/	/
Recuento de Mohos y Levaduras	Recuento en placa INVIMA N.7	>200000	/
Recuento de esporas <i>Clostridium</i> sulfito reductor	Recuento INVIMA N. 10	/	/

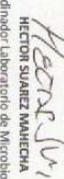
*Valores tomados de la Resolución 2310/88

OBSERVACIONES

- Los resultados del presente reporte corresponden a la muestra suministrada por el usuario.
- Este reporte solo puede ser reproducido en forma total o parcial con la debida autorización por escrito del laboratorio de Control de Calidad de Alimentos.



GREGORIO HERNANDO MEDINA ROMERO
Analista - Laboratorio de Microbiología



HECTOR SUAREZ MAHECHA
Coordinador Laboratorio de Microbiología

CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL PAIS

Carrera 30 No. 45-08 Edificio 500C piso 1
Comunador: 57 (1) 316500 ext. 19213 T. telef. Comunador: 57 (1) 316500 ext. 19205
Correo electrónico: labmicro@ciencia.gov.co
Bogotá, Colombia, Sur América

D. Anexo: formato para evaluación sensorial de pan tipo pandebono

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Especialización en Ciencia y tecnología de alimentos

Formato para evaluación sensorial de pan tipo pandebono

Nombre del panelista: _____ Fecha: _____

Tiene ante usted un pan tipo pan de bono, observe su apariencia exterior e interior, Pruébalo y califíquelo con una X

A. Apariencia y textura al tacto

- 3. Color crema amarillo, corteza delgada, blando al tacto.
- 1. Muy oscura, o muy blanda, mucha o muy poca corteza, muy blando o muy duro.
- 1. Quemado, crudo, muy duro.

B. Aroma y sabor

- 4. Característico a queso, a fermento, débilmente ácido, buen balance sal/dulce.
- 3. Poco sabor a queso, a fermento a salado, insípido, muy ácido.
- 1. Muy fermentado, amargo, metálico, mohoso.

C. Textura

3. Blanda, suave, buen tamaño de celdas y uniformes.
2. Un poco dura, celdas no uniformes, masudo, gomoso.
1. Una sola celda, dura, quebradiza.

OBSERVACIONES: _____

Fuente: El autor.

E. Anexo: Evaluación estadística para apariencia y textura al tacto

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	2,5	2,2
Varianza	0,3	0,56666667
Observaciones	6	6
Coeficiente de correlación de Pearson	-0,7276069	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	0,6741999	
P(T<=t) una cola	0,2650458	
Valor crítico de t (una cola)	2,0150484	
P(T<=t) dos colas	0,5300916	
Valor crítico de t (dos colas)	2,5705818	

E. ANEXO: Evaluación estadística para aroma y sabor

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,7	2,8
Varianza	0,26666667	0,96666667
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,13130643	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	1,74607574	
P(T<=t) una cola	0,07061739	
Valor crítico de t (una cola)	2,01504837	
P(T<=t) dos colas	0,14123477	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57058183	

F. Anexo: evaluación estadística para textura

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	2,7	1,5
Varianza	0,26666667	0,7
Observaciones	6	6
Coeficiente de correlación de Pearson	0,46291005	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	3,79628301	
P(T<=t) una cola	0,0063383	
Valor crítico de t (una cola)	2,01504837	
P(T<=t) dos colas	0,0126766	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57058183	

Bibliografía

1. ALARCÓN, F. y DUFOUR, D. (2002). Almidón agro de yuca en Colombia Tomo 1: Producción y recomendaciones N.268. ISBN 958-9439-67-5 CIAT. Cali, Colombia. p.9-19.
2. ANZALDÚA, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. 1994 P. 96
3. ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín De Servicios Agrícolas De La FAO 163 Capítulo 8 – Análisis físico-químico del almidón. FAO, Roma. 2007 p.73.
4. Asociación de cerveceros artesanales de la República Argentina http://www.cervezas-argentinas.com.ar/Los_diferentes_tipos_de_cocimientos_de_las_cervezas.htm
5. BADUI, S. Química de los alimentos 4Ed. PEARSON EDUCACIÓN, 2006.México p.81, 83.
6. BARRAGÁN, M., LÓPEZ, J., CADAVID, L. y LUCAS, J. Manual de tecnologías en la cadena agroindustrial de la yuca. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT ISBN 9789581500895 Colombia pgs. 33-38.
7. BERNAL, Ines. Analisis de alimentos. Segunda Edición 1994. Bogotá, D.C., Colombia. P.38, 44.
8. CADENA, M., VILLARAGA E., LUJÁN, D. y SALCEDO, J. (2006) Evaluación de la agroindustria del almidón agro de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) EN Córdoba y Sucre. TEMAS AGRARIOS - Vol. 11:(1), Enero - Junio p. 43 - 53.
9. CASTELLANOS, R. D. Tecnologia de tuberculos, raices y leguminosas de origen alimenticio. Ed. UNISUR, Bogota, D.C, 1995.p.56.

10. CHARLEY, H. Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, Ed. Limusa, Noriega, 2001. México. p.163.
11. CHEFTEL, H., CHEFTEL, H. y BESANÇON, P. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos, Vol.I Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza. 1977. p. 119.
12. CHIN-LIN, H., WENLUNG C., YIH-MING, W., CHIN-YIN, T. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chem. 83: 85-92.
13. COULTATE, T.P. Manual de química y bioquímica de los alimentos, 3 Ed. ACRIBIA, S.A., Zaragoza, 2007. p.43.
14. DEMIATE, I., DUPUY, N., HUVENNE, J., CEREDA, M., WOSIACKY, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. Carbohydrate Polymers. 42: p.149-158. 2000.
15. DUFOUR, D., LARSONNEUR, F.; ALARCÓN, F.; BARAVER, C. and CHUZEL, G.1996. Improving the bread-making potential of cassava sour starch. En *Cassava Flour and Starch: progress in Research and Development*. Centro Internacional para la agricultura Tropical: Cali, Colombia; Centre de Coopèration Internationale en recherche agronomique pour le Developement: Montpellier. p. 133-142.
16. FENNEMA, O. (2010). Química de los alimentos, Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España p.123, 126.
17. Guzmán, M. y Buitrago G. Ñame: Producción de semillas por biotecnología. Ed. Unibiblos. ISBN 958-8051-88-6. (2000). Colombia. p. 32, 33.
18. HOSENEY, R. C. Principios de ciencia y tecnología de Cereales. Ed. Acribia, Zaragoza, p.31. (1994).
19. IAL. Normas analíticas, métodos químicos e físicos de alimentos. Normas Analíticas de Instituto Adolfo Lutz v. 1, 3.rd, São Paulo: IAL; 1985. p. 553.
20. ICONTEC, Norma Técnica Colombiana. NTC. 1363. Pan. Requisitos Generales. Segunda actualización 2005, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. I.C.S.: 67.060.00: Bogotá. D.C.

21. JEANTET, R., SCHUCK, P. Y BRULE, G. Ciencia de los alimentos Vol. 1 Estabilización biológica y fisicoquímica Ed. ACRIBIA, S.A, Zaragoza, 2010. p.316.
22. KIRK, R., SAWYER, R., y EGAN, H. (2004). Composición y análisis de alimentos de Pearson CECSA Compañía Editorial Continental. Mexico, p.393.
23. LINDEBOOM, N., CHANG, P.R. and TYLER, R.T.; (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. *Starch/ Stärke*:56(3-4), 89-99.
24. LACERDA, et al. (2005). Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. *International Journal of Food Microbiology*. p.213, 214.
25. LEONEL, M., CEREDA, M. (2002). caracterização físico-química de algunas tuberosas amiláceas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas 22(1), jan.- abr. Brasil p. 65-69.
26. MAHECHA, G. L. Evaluación sensorial en el control de calidad de alimentos procesados. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, 1985, p.31-36.
27. ORTIZ, H. y VALDERRAMA, G.(1977). Obtención de almidón de yuca hidroxipropilado y su aplicación en la industria de alimentos. Tesis facultad Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
28. PACHECO-DELAHAYE, E., N. Techeira, et al. (2008). Propiedades químicas y funcionales del almidon nativo y modificado de ñame (*Dioscorea, alata*) *Revista INTERCIENCIA* Abril 2009 Vol.34 N.4. p. 281.
29. SANDOVAL, N. V. (2002). "Resumen: La agroindustria de producción de almidón agro de yuca en el departamento de Cauca, Colombia: Ejemplo de sistema agroalimentario localizado.", Calí, Colombia.

Disponible en línea: <http://www.docstoc.com/docs/49352188/Resumen-La-Agroindustria-de-Producci%C3%B3n-de-Almid%C3%B3n-Agro-de#>
30. SENA. Servicio Nacional de Aprendizaje Análisis de ingredientes. Panadería. Bogotá, D.C., 1983. p.41.

31. SUZANNE, S. Análisis de los alimentos Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza 2009 p.247,258.
32. TAMIME, A. y ROBINSON, R. Yogur. Ciencia y tecnología. Ed ACRIBIA, S.A. Zaragoza, 1991. p. 294.
33. VARGAS, P. (2010). Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta* crantz) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería. Tecnología en marcha. Vol. 23, N.º3, julio-septiembre 2010, Costa Rica. p.15-23. Disponible en línea: http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_23-3/15-23.pdf
34. WOOD, B. J. (2004). Origins and Applications. Fermentation. Elsevier Ltd.